DIE NATURWISSENSCHAFTEN

28. Jahrgang | 3. Mai 1940 | Heft 18

Triebbedingte Ruhezustände als Ziel von Appetenzhandlungen.

Von Monika Holzapfel, Bern.

1. *Einleitung.*

Trifft ein reifes Netzspinnenmännchen auf ein weibliches Netz, so beginnt bei vielen Arten ein aufgeregtes Umherlaufen. Das Suchen „nach etwas" kommt dabei so überzeugend zum Ausdruck, daß der Beobachter kaum imstande ist, es als ziellose Handlung zu deuten. Es ist tatsächlich ein Suchen nach einer bestimmten Reizsituation, die mit der Berührung des Weibchens erfüllt ist und zum Ablauf der Begattungs-Instinkthandlung führt. Man nennt ein solches einem Trieb entspringendes Suchen nach einer Reizsituation, die eine Instinkthandlung auslöst, *„Appetenzverhalten"* (Lorenz 1937), da der Zustand, welcher das Tier zu einer solchen Handlung treibt, dem Appetit nach einer bestimmten Nahrung entspricht. Der Begriff stammt von Craig (1918). Es ist nach Lorenz (1937a, S. 28) eine der wichtigsten Begleiterscheinungen der Instinkthandlung, „daß der Organismus nicht passiv auf Reize wartet, die zu ihrer Auslösung führen, sondern aktiv nach diesen Reizen sucht". Wenn wir ein Tier bei einem solchen Suchakt beobachten, so denken wir unwillkürlich: Was wird es tun, wenn es das Ziel gefunden hat? Wie wird das Tier in der gefundenen Reizsituation handeln? Diese Frage nach der *Handlung* und ihren Gesetzmäßigkeiten hat das Interesse der tierpsychologischen Forschung bisher so stark in Anspruch genommen, daß darüber die Gegenfragen fast völlig unbeachtet blieben: Gibt es nicht Fälle, in denen ein Tier triebmäßig nach einer Reizsituation sucht, in der es aufhören kann, zu handeln? Und *wie muß die gefundene Reizsituation beschaffen sein, damit es nicht handelt, damit ein Ruhezustand ausgelöst wird?* Die folgenden Ausführungen möchten die biologische, speziell die tierpsychologische Bedeutung dieser Fragen aufzeigen und auf diese besondere Art von Appetenzhandlungen und Appetenzerfüllungen aufmerksam machen, auf die in diesem Zusammenhang bisher nicht hingewiesen wurde. Bevor jedoch auf die Hauptprobleme eingegangen werden kann, muß zum besseren Verständnis einiges über den Gegensatz der Begriffe „Appetenzverhalten" und „Instinkthandlung" vorausgeschickt werden, Begriffe, die durch Lorenz (1937, 1937a) eine weitgehende Klärung erfahren haben und für das Folgende grundlegend sind. Ich stütze mich hierbei hauptsächlich auf die zweite theoretische Arbeit von Lorenz (1937a).

2. *Appetenz- und Instinkthandlung.*

Während Craig das Appetenzverhalten (appetitive behaviour) als *einen Teil* der Instinkthandlung betrachtete, trennt es Lorenz auf Grund wesentlicher Verschiedenheiten grundsätzlich von dieser. Für die Appetenzhandlung ist charakteristisch: 1. daß das Tier mit ihr ein Ziel anstrebt und 2. daß sie zur Erreichung dieses Zieles adaptive Veränderlichkeit zeigt. Beispiel: Ein Hund hat unter einem Küchenfenster öfters Knochen gefunden. Regt sich der Hunger, so versucht er zuerst, einen Knochen auf dem gewohnten Wege durch die offene Gartentüre zu erreichen. Er findet die Türe verschlossen. Jetzt versucht er, auf einem anderen Wege, durch eine Lücke im Gartenzaun, zum Knochen zu gelangen. Der Knochen (oder die mit ihm assoziativ verbundene lustvolle Erregung) wird also als Ziel beibehalten, die Form der Handlung zur Erreichung desselben aber abgeändert. Daraus ergibt sich erstens, daß der Hund tatsächlich einen subjektiven Zweck verfolgt; diese *subjektive Zweckgerichtetheit* ist kennzeichnend für die Appetenzhandlung; und zweitens, daß diese *abhängig* ist *von richtunggebenden Reizen* (in unserem Falle von Orientierungsmarken). Die Abhängigkeit von solchen Reizen kann angeboren oder erlernt sein. Als Beispiel für den ersten Fall sei die Megaloptere *Sialis lutaria L.* („Schlammfliege") genannt. Die Männchen drängen sich nach Geigy und du Bois (1935, S. 449f) vor der Kopulation zwischen die dachförmig gefalteten weiblichen Flügel. Die richtige Einstellung für die Kopulation ist von den Tastreizen abhängig, welche symmetrisch von den weiblichen Flügeln ausgehen. Wenn man die Flügel so zusammenschnürt, daß sie beidseitig abstehen, weicht das Männchen bald nach links, bald nach rechts ab, um sich heftig unter die dort befindlichen Flügel zu drängen, und die Begattung bleibt aus, weil die richtige Reizsituation nicht zustande kommt. In diesem Falle ist die Appetenzhandlung eine angeborene Orientierungsreaktion (Taxis). Als Beispiel für den zweiten Fall kann die obenerwähnte Situation gelten, bei der ein Hund auf die bekannte Stelle losgeht, wo er Knochen zu finden pflegt. Hier ist die Appetenzhandlung eine erlernte Orientierungshandlung. Lernen und Umlernen, also eine qualitative Veränderung der Handlung durch Erfahrung, sind hier möglich. Appetenzhandlungen umfassen demnach alle Stufen von angeborenen bis zu erlernten Reaktionen auf richtunggebende Reize.

Im Gegensatz zu diesen, die Appetenzhandlung kennzeichnenden Merkmalen faßt Lorenz als Instinkthandlungen nur diejenigen Bewegungsweisen zusammen, die auf Erbkoordination beruhen. Was aber erblich koordiniert ist, kann nicht durch Außenfaktoren und Erfahrung geändert bzw. erlernt werden. Die Flugbewegungen des Vogels als solche oder die Schreitbewegungen bei einem

Insekt können zwar intensiver oder schwächer verlaufen, aber in ihrer *Form* bleiben sie *immer gleich*. Außenfaktoren können nur bestimmen, ob und mit welcher Intensität die Instinkthandlung auftritt. Ist sie einmal ausgelöst, dann läuft sie ohne weitere Einwirkung oder Steuerung durch Außenreize ab. Die Appetenzhandlung dagegen bedarf der dauernden Steuerung durch Außenreize. Und endlich strebt das Tier mit der Instinkthandlung kein individuell-subjektives Ziel an. „Die Instinkthandlung ist zwar arterhaltend zweckmäßig, aber kein subjektiv zweckgerichtetes Verhalten" (LORENZ 1937a, S. 28).

Die grundsätzliche Trennung der subjektiv zweckgerichteten, qualitativ modifizierbaren, unter Umständen erlernten, von der nur objektiv zweckmäßigen, erblich koordinierten Handlung hat nicht nur theoretische Bedeutung. Sie öffnet der experimentellen Forschung neue Wege und ermöglicht ein tieferes Eindringen in die Gesetzmäßigkeiten tierischen Verhaltens. Durch die bisherige Vermengung beider Verhaltensformen sind auch die experimentellen Untersuchungen bisher zum Teil theoretisch unzulänglich ausgewertet und oft mißdeutet worden.

Die Lostrennung des Appetenzverhaltens ist sicher nicht eine überflüssige Zergliederung des von anderen Autoren als einheitliche Instinkthandlung zusammengefaßten Verhaltens. Wir wir gesehen haben, bestehen zwischen Instinkt- und Appetenzhandlung nicht nur unbedeutende Verschiedenheiten, sondern ausgesprochene Gegensätze: So macht z. B. das Nicht-Erlernte gerade das Wesen der Instinkthandlung aus, während bei der Appetenzhandlung alle Stufen vom angeborenen zum erlernten Verhalten vorkommen. Auch der Gegensatz zwischen der subjektiven Zweckgerichtetheit und dem Fehlen derselben bei der Instinkthandlung ist grundlegend. Zudem werden wir im folgenden sehen, daß ein Verhalten mit allen wesentlichen Merkmalen der Appetenzhandlung nicht nur auf solche Reizsituationen gerichtet zu sein braucht, die eine Instinkthandlung auslösen. Hier zeigt sich besonders deutlich die Nicht-Zusammengehörigkeit der beiden Handlungstypen.

„Wenn wir die *Möglichkeit* haben, an einer funktionellen Einheit im tierischen Verhalten Teile zu unterscheiden, die als echte Dressurhandlungen oder als Taxien eindeutig zu erkennen sind, sowie andere, die alle Kennzeichen der Instinkthandlung im hier vertretenen Sinne zeigen, so haben wir mit der Möglichkeit auch die *Pflicht*, die analytische Folgerung aus diesen Tatsachen zu ziehen" (LORENZ 1937a, S. 48).

3. Die triebbedingten Ruhezustände.

Die meisten Appetenzhandlungen der Tiere sind Such- und Orientierungshandlungen, die den Ablauf der Nahrungs- und Fortpflanzungsinstinkthandlungen im weitesten Sinne ermöglichen. Der Anlaß zu diesen Appetenzhandlungen ist in all diesen Fällen der „Trieb" nach oder der „Appetit", die „Appetenz" auf bestimmte *Bewegungsabläufe* (Instinkt*handlungen*). Es gibt aber auch aus appetitähnlichen Trieben entspringende Handlungen, deren Enderfolg nicht ein Bewegungsablauf, sondern ein ganz bestimmter, artlich oder individuell festgelegter *Ruhezustand* ist. Unter Ruhezuständen verstehen wir hier Zustände, die durch die mehr oder weniger weitgehende *Ruhigstellung der motorischen Aktivität* gekennzeichnet sind, wobei aber durchaus nicht alle physiologische Aktivität des Körpers herabgesetzt zu sein braucht. Diese Ruhezustände sind meist primär *psychischer Art* und führen erst sekundär zur Körperruhe.

Als extremes Beispiel eines solchen Ruhezustandes sei der *Schlaf* genannt. (Auch der Schlaf beruht nicht auf einer ganz allgemeinen Herabsetzung der Körperfunktionen oder einer einfachen nervösen Hemmung, sondern ist nach neueren Auffassungen, besonders von HESS [1927 bis 1933] durch die Wirkung eines speziellen Regulationsapparates gleichzeitig als positive Leistung des Körpers zu werten.) Betrachtet man die wichtigsten von LORENZ für die Appetenz- und Instinkthandlung gegebenen Kennzeichen, so drängen sich beim Vergleich mit dem Schlafzustand wichtige Analogien auf. Wie die Instinkthandlung kann man den Schlaf auf einen Trieb zurückführen. Diesen Trieb möchte ich als Schläfrigkeit[1]) bezeichnen, analog dem Hunger als Nahrungstrieb. Die „Schläfrigkeit" bzw. die Appetenz auf Schlaf löst nun ihrerseits eine oder mehrere Appetenzhandlungen aus, die den Schlaf ermöglichen sollen und gewöhnlich als äußere Reizausschaltung bezeichnet werden: Ausschaltung äußerer Reize durch Aufsuchen eines ruhigen Ortes, Ausschalten von Licht und Geräuschen usw. Es werden aber meist nicht nur Reize ausgeschaltet, sondern neue, sog. Schlafreize (WINTERSTEIN 1932, S. 51) aufgesucht, z. B. taktile Reize des Lagers (viele Menschen können nur auf der rechten oder der linken Seite liegend einschlafen) oder die rhythmische Wiederholung bestimmter Geräusche (Ticken einer Uhr) u. dgl. Alle diese Handlungen sind subjektiv zweckgerichtet, d. h. wir streben mit ihnen einen bestimmten Zweck, eine Situation an, die das Einschlafen herbeiführt oder erleichtert. Sie sind teils erlernt, teils angeboren. Diese Verhaltensweisen können deshalb als Appetenzhandlungen aufgefaßt werden, weil sie nur in bezug auf das Ziel, nicht aber in ihrem Typus von den Appetenzhandlungen abweichen, die auf Instinktabläufe gerichtet sind[2]).

[1]) Schläfrigkeit ist nicht mit physischer Ermüdung gleichzusetzen. Man kann unter Umständen stark ermüdet und doch nicht schläfrig sein und umgekehrt, z. B. in einem warmen Raum schläfrig werden ohne Ermüdung.

[2]) Ich möchte vorschlagen, den Ausdruck „Appetenzhandlung" *vorläufig* als *übergeordneten* Begriff für jedes subjektiv zweckgerichtete Verhalten anzuwenden, dessen Ziel Instinktabläufe oder triebbedingte Ruhezustände darstellen, also sowohl für Zu- und Wegstrebehandlungen und deren Kombinationen. Man muß sich freilich dabei bewußt bleiben, daß die Appetenz-

Der Schlafzustand selbst hat seinerseits sehr viel mit der Instinkthandlung (I.h.) gemeinsam. Wie diese wird er primär um seiner selbst willen angestrebt und nicht, um einen anderen Zweck zu erreichen.

Ferner ist der Schlafzustand, im Gegensatz zum Reflex, nicht bloß durch äußere Faktoren auslösbar, sondern wird auch von innen her gesteuert (Schlafsteuerungszentrum, VON ECCONOMO 1926, HESS 1927; evtl. Ermüdungsstoffe, LEGENDRE und PIÉRON 1912, ZONDEK und BIER 1932). So kann bei starker Schläfrigkeit die ganze äußere Reizausschaltung wegfallen, und doch schlafen wir ein in Situationen, in denen normalerweise kein Schlaf eintritt. Das gleiche gilt auch für die Instinkthandlung. Nach LORENZ (1937a, S. 26) ist die I.h. um so leichter auszulösen, je längere Zeit seit ihrem letzten Ablaufen verstrichen ist; das Tier zeigt dann eine zunehmende Bereitschaft, mit der I.h. auch auf Reize zu antworten, die normalerweise nicht als Auslöser wirken. Es kommt zu einer *Schwellenerniedrigung* der auslösenden Reize (LORENZ, ebenda). LORENZ führt diese vermutungsweise auf eine innere Kumulation eines reaktionsspezifischen Erregungsstoffes zurück, der durch das Ablaufen der Bewegung vernichtet oder unwirksam gemacht wird. Die Ermüdungsstoffe, deren Existenz bei schwerer Ermüdung zwar nachgewiesen (vgl. oben), deren Bedeutung für den Schlaf aber noch umstritten ist, würden hierzu eine Parallele bilden. Eine weitere Übereinstimmung ist die Intensitätsverschiedenheit, mit der sowohl die Instinkthandlung (LORENZ l. c., S. 25) wie der Schlafzustand auf gleiche Reize ansprechen kann.

So zeigen sich eine Reihe wesentlicher Übereinstimmungen zwischen der I.h. und dem Schlafzustand. Um die Verwandtschaft zwischen den Instinkthandlungen und aus einem Trieb entspringenden mehr oder weniger intensiven Ruhezuständen auszudrücken, möchte ich den Begriff der *triebbedingten Ruhezustände* im Gegensatz zu den triebbedingten oder Instinkthandlungen vorschlagen und die ersteren als statische, die letzteren als dynamische Beziehung des Organismus zur Umgebung auffassen. Beide lassen sich mit den zugehörigen Appetenzhandlungen schematisch wie folgt darstellen:

1. Trieb, Appetenz	→	Appetenzhandlung	→ triebbedingte oder Instinkthandlung
angeboren		angeboren oder erlernt, subjektiv, zweckgerichtet, qualitativ modifizierbar	angeboren, subjektiv nicht zweckgerichtet, qualitativ nicht modifizierbar
2. Trieb, Appetenz	→	Appetenzhandlung	→ triebbedingter Ruhezustand

komponente größer oder kleiner sein, im extremsten Fall (z. B. bei den Optimum-Taxien vieler Protozoen) vielleicht ganz fehlen kann. Erst nach einer umfassenden vergleichenden Untersuchung über Appetenzintensitäten wird es möglich sein, sich für oder gegen die weitere Gliederung des Begriffes „Appetenzverhalten" oder die Einführung neuer Begriffe zu entscheiden.

Bisher hat sich das Interesse der Tierpsychologen auf die Instinkthandlungen konzentriert, während die triebbedingten Ruhezustände und die auf sie gerichteten Appentenzhandlungen in ihrer grundsätzlichen Bedeutung für das Verständnis tierischen Verhaltens meist übersehen und in bezug auf die ihnen innewohnenden Gesetzmäßigkeiten zum Teil noch ganz ungenügend erforscht wurden.

Im folgenden seien die wichtigsten triebbedingten Ruhezustände und die auf sie gerichteten Appetenzhandlungen besprochen. Ich beschränke mich dabei auf wenige, dafür aber gut analysierte Fälle und zweifle nicht daran, daß sie sich in kurzer Zeit bedeutend mehren lassen werden. Da die Beispiele ganz verschiedenartigen Tiergruppen entnommen werden konnten, dürfte der Geltungsbereich der zu schildernden Verhältnisse ein recht weiter sein.

4. *Das „Heim" und die Rückkehr zum Heim.*

Die Bedeutung des „Heimes" für manche Wirbellose und Wirbeltiere haben VON UEXKÜLL (1934) und BROCK (1934) erkannt. BROCK untersuchte die Beziehung zum Heim bei Wildmäusen. Es ist dies bisher wohl die einzige genau durchgeführte Analyse über das Heimproblem bei Wirbeltieren. BROCK unterscheidet ein „Heim", eine „Zuflucht" und einen „Unterschlupf", je nach dem Anziehungsgrad, den diese Stätten auf ein Tier ausüben. HEDIGER (1938, S. 246) spricht von einem Heim 1., 2. und 3. Ordnung. Er definiert diese Heime als Orte relativer Geborgenheit, die auf das Tier eine einladende Wirkung ausüben. Wir möchten dies noch etwas eindeutiger formulieren: *Das Heim s.str. oder 1. Ordnung ist der Ort, der durch eine Kombination von Faktoren den intensivsten psychischen Ruhezustand des Tieres gewährleistet; er löst durch von ihm ausgehende direkte oder Gedächtnisreize die auf ihn gerichtete Appetenzhandlung am leichtesten aus.* Der angestrebte Ruhezustand wird nur durch einen artlich und individuell bestimmten Faktorenkomplex (Reize verschiedener Sinnesgebiete, Gewohnheit) voll erreicht, ebenso wie der intensivste Ablauf einer I.h. oft nur durch sehr spezielle Auslöser zustande kommt. Zur Auslösung der Appetenzhandlung genügen aber auch Ersatzreize, die nur einen unvollkommeneren Ruhezustand gewähren, so wie die I.h. auch in der unvollkommenen Reizsituation noch angestrebt werden kann. Die „Zuflucht" oder das Heim 2.Ordnung würde dementsprechend einen schwächeren, der „Unterschlupf" oder das Heim 3. Ordnung den schwächsten Ruhezustand herbeiführen, der eben noch ausreicht, Appetenz zu wecken. Daß diese Ruhezustände für das Tier tatsächlich verschieden intensiv sind, geht deutlich aus den von BROCK angestellten Wahlversuchen hervor, bei denen Wildmäusen ihre Wohnkiste, ein am Pfleger befestigter Sack und die hohle Hand geboten wurden.

Im Heim ist ein Tier meist vor Feinden stärker geschützt als außerhalb desselben, und die ständige

Fluchtbereitschaft kann hier auf ein Mindestmaß herabgesetzt werden. Aber nicht nur der im Heim erreichte Ruhezustand, sondern auch das auf ihn gerichtete Appetenzverhalten ist für die Erhaltung des Individuums äußert wichtig. Als Beispiel sei das Verhalten der Trichterspinne (*Agelena labyrinthica*) beim Beutefang angeführt. Sie baut auf Hecken horizontale, filzige Netze, die in einen trichterförmigen Schlupfwinkel auslaufen, in welchem die Spinne auf Beute lauert. Zu diesem Schlupfwinkel kehrt die Spinne jedesmal, wenn sie im Netz draußen eine Fliege gepackt hat, sofort und auf geradem Wege zurück (BARTELS 1929). Diese Rückkehr entspringt einem angeborenen Trieb. Es ist aber keine I.h., sondern eine subjektiv zweckgerichtete und mit Hilfe bestimmter Faktoren erlernte Orientierungsbewegung. Die Spinne könnte die Fliege ebensogut irgendwo im Netz in Ruhe aussaugen. Sie beginnt aber erst mit der Mahlzeit, wenn sie den Schlupfwinkel erreicht hat. Die Spinne hat also den Trieb, die Appetenz, nicht nach einem beliebigen, sondern einem ganz bestimmten Ruhezustand, der „Heimcharakter" besitzt. Unter normalen Bedingungen ist dieser „Appetit" nach dem Heim dem „Appetit" nach Verzehrung der Beute *übergeordnet*, und das Aussaugen der Fliege, die eigentliche I.h., beginnt erst nach Einschaltung einer Appetenzhandlung, die ausschließlich einen Ruhezustand zum Ziel hat. Die biologische Zweckmäßigkeit dieser Überordnung leuchtet ohne weiteres ein.

Durch künstliche Desorientierung (vgl. BARTELS 1929, HOLZAPFEL 1933) kann man bewirken, daß die Spinne den Schlupfwinkel nicht mehr auf geradem Wege findet. Die Spinne sucht nun, mit der Fliege zwischen den Kieferklauen, oft lange Zeit nach der Schlupfröhre, und nur wenn diese auch nach etwa 10—15 Minuten nicht gefunden wird, beginnt sie unter Umständen in irgendeiner Ecke des Netzes mit der Mahlzeit. Der Trieb nach dem heimbedingten Ruhezustand ist also so stark, daß das der Erreichung dieses Zustandes dienende Appetenzverhalten *zeitlich weit über das normale Maß ausgedehnt* und die Appetenz nach dem Freßinstinkt so lange blockiert werden kann.

Auf der Ausnützung des Appetenzverhaltens mit Heim-Ruheziel beruhen manche Zirkuskunststücke. So werden nach BROCK (1934) Wildmäuse durch bloße Entfernung von ihrem „Heim" zur Ausführung von allerlei Tricks gebracht. Die Entfernung vom Heim löst sofort die Appetenz nach dem vermißten Ruhezustand aus. Werden nun noch bestimmte Hindernisse (Treppen, Leitern u. dgl.) zwischen Tier und Heim eingeschaltet, so führt die Maus „automatisch", d. h. nur infolge der Appetenz nach dem Heim, die gewünschten Kunststücke aus. — Bei großen Zirkustieren bildet nach HEDIGER (1938, S. 246) der individuelle „Platz" in der Manege ein Heim 2. Ordnung. Die Tiere, z. B. Löwen, die aus dem Wohnkäfig, dem Heim 1. Ordnung, kommen, suchen vielfach ganz von selbst ihren Platz, ihr Ersatzheim, auf. Das bedeutet nichts anderes, als daß in der Manege sofort die Appetenz nach dem heimbedingten Ruhezustand erwacht und die gewohnten Sitzplätze nun als Ersatzauslöser der Appetenzhandlung fungieren.

Auch beim Menschen spielen der triebbedingte, im Heim erreichte Ruhezustand und die auf das Heim gerichteten Appetenzhandlungen eine außerordentlich große Rolle und bestimmen das gesamte soziale Leben mit.

Man könnte leicht verleitet werden, auch die Brutnester von Fischen und Vögeln und die Geburtsstätten von Säugern als „Heime" im oben angeführten Sinne zu bezeichnen, da auch sie das Ziel von Appetenzhandlungen bilden; und tatsächlich unterscheidet VON UEXKÜLL (1934, S. 68) nicht zwischen reinen Wohnnestern und Nestern, die der Jungenaufzucht dienen. Wir müssen jedoch diese Unterscheidung vollziehen, nicht etwa, weil die Brutnester nur zeitweise benutzt werden, sondern weil das Ziel der auf sie gerichteten Appetenzhandlungen nicht primär der Ruhezustand ist, der im Wohnheim angestrebt wird.

Fliegt z. B. ein aufgescheuchter brütender Singvogel wieder zum Nest zurück, so ist dies wohl eine Appetenzhandlung, die auf einen triebbedingten Ruhezustand gerichtet ist: der Vogel will sich wieder auf die Eier setzen. Aber es ist ein besonderer Ruhezustand, der hier angestrebt wird. Daß er mit dem Ruhezustand in einem Wohnheim nichts zu tun hat, zeigt sich bei Wegnahme der Eier: der Vogel verläßt das leere Nest nach kurzer Zeit.

Auch nach dem Schlüpfen der Jungen wird das Nest nicht als Heim angestrebt. Das Aufsuchen des Nestes stellt in diesem Zeitpunkt eine Appetenzhandlung dar, die teils Instinktabläufe (Fütterung der Jungen) teils einen weiteren triebbedingten Ruhezustand (Decken der Jungen) zum Ziel hat.

Aus den angeführten Gründen sei das *Wohnheim* vom *Brutheim* oder Aufzuchtheim begrifflich unterschieden. Unter Umständen können freilich auch beide zusammenfallen, kaum bei Vögeln, öfters aber bei Säugern, z. B. bei vielen Nagern.

5. *Das Individuum mit Heimcharakter.*

Es gibt bei Wirbeltieren triebmäßige Bindungen zwischen einzelnen Individuen, die viel Gemeinsames mit der Bindung an das Heim besitzen und Ziel ganz analoger Appetenzhandlungen sind. Damit soll durchaus nicht gesagt sein, daß sich der soziale Zusammenschluß von Individuen etwa nur mit Hilfe eines Triebes nach einem Ruhezustand erklären lasse, denn hierbei sind wahrscheinlich eine ganze Anzahl verschiedener Appetenzen wirksam, die in komplizierter Wechselwirkung miteinander stehen. Die folgenden Zeilen sollen nur darauf hinweisen, daß auch im sozialen Leben der Tiere triebbedingte Ruhezustände eine Rolle spielen und die Bindungen zwischen Individuen mit beeinflussen können.

Jedem Tierbeobachter werden sich eine Fülle von Beispielen aufdrängen, bei denen Jungtiere während einer gewissen Zeit fast dauernd bei der Mutter verbleiben, auch wenn sie ihrer Entwicklung nach durchaus imstande wären, sich auf eine größere Strecke von der Mutter zu entfernen. Das Wiederaufsuchen der Mutter nach nur geringer Entfernung von derselben ist ein Hinweis darauf, daß die Nähe des Muttertieres beim Jungen einen besonderen Ruhezustand auslöst, der immer wieder erneut angestrebt wird. Er mag durch die Schutz-, Warn- und Ernährungsfunktion der Mutter oder durch den Bekanntheitscharakter mit Hilfe spezieller Sinnesreize ausgelöst werden.

Ich erinnere mich in diesem Zusammenhang an einen 2jähr. Elefantenbullen des Leipziger Zoologischen Gartens, der im Außenkäfig am Verbindungsgitter zu einem großen Gehege vormittags dauernd hin- und herging. Da ich dieses Hin- und Herlaufen an einem Gitter bei Zootieren häufig dann beobachtet habe, wenn das Gitter für das Tier Hindernischarakter besitzt (HOLZAPFEL 1938, S. 50, 55), so vermutete ich, daß der junge Bulle ins große Gehege strebte, wo sich das Muttertier befand. Nachmittags wurde der Bulle in das große Gehege gelassen. Er hielt sich hier vollständig ruhig *neben der Mutter* auf.

Das Beispiel zeigt, wie das Appetenzverhalten nach einem durch ein Individuum gewährten Ruhezustand bei Einschaltung eines Hindernisses zeitlich stark ausgedehnt werden (vgl. oben) und zu einer scheinbar sinnlosen Handlung führen kann.

Beim Fehlen des Muttertieres kann unter Umständen der Heimcharakter auf die tierische „Ersatzmutter" oder den menschlichen Pfleger übergehen. So gibt man in Zoologischen Gärten Jungsäugern häufig eine Ersatzmutter (z. B. bei Elefanten), denen sich die Jungtiere bald wie einer wirklichen Mutter anschließen. Unter den Vögeln sind es nach HEINROTH (1910, 1924—1928, S. 163) und LORENZ (1935, S. 164) besonders elternlose Graugänse, die ihre auf die Eltern gerichteten Triebe bei frühem Kontakt mit dem Menschen vollständig auf diesen übertragen.

Auch gewisse *Teile* des mütterlichen Körpers können für sich ein Heim bilden. Der Beutel des Känguruhs ist ein solches Heim, das die Jungen bei der geringsten Gefahr aufsuchen. Ebenso ist z. B. das Maul der maulbrütenden Knochenfische hier zu nennen: Die Jungfische kehren bei Gefahr stets wieder in das Maul des Weibchens zurück. PETERS (1937) hat untersucht, welche Faktoren die Rückkehr zum Maul bzw. die Appetenzhandlung nach dem heimbedingten Ruhezustand auslösen.

Neben dem Muttertier und entsprechenden Ersatztieren können auch Ehepartner Individuen mit Heimcharakter darstellen, sofern diese außerhalb der Fortpflanzungsperiode beisammenbleiben (z. B. Stockenten, Graugänse und Dohlen; LORENZ 1935, S. 333). Auch hier dürfte dieses mit Instinktabläufen der Fortpflanzungszeit nicht direkt zusammenhängende Beieinanderbleiben zum Teil auf dauernd wiederholten, einem Trieb entspringenden Appetenzhandlungen beruhen, die auf einen durch den Ehepartner ausgelösten Ruhezustand gerichtet sind[1]).

6. *Der Schlafplatz und das Aufsuchen des Schlafplatzes.*

Der Schlaf als extremer triebbedingter Ruhezustand ist bereits eingangs gekennzeichnet worden. Wie wir bereits sahen, muß dem Schlaf ein gewisser psychischer Ruhezustand vorangehen. Dieser wird am Schlafplatz am intensivsten erreicht. Der Schlafplatz ist ein heimähnlicher Ort, aber nicht immer gleichbedeutend mit dem Heim. Der Schlafplatz kann ein „Heim im Heim" darstellen. Viele Tiere jedoch besitzen kein eigentliches Heim, wohl aber eine bestimmte Schlafstelle. Es sei hier nur an die Schlafbäume vieler Vögel erinnert.

Das Aufsuchen des Schlafplatzes entspringt dem Trieb nach dem den Schlaf vorbereitenden psychischen Ruhezustand und ist der Rückkehr zum Heim sehr verwandt. Das müde oder schlafbedürftige Tier legt sich meist nicht irgendwohin, sondern besitzt einen ganz bestimmten Schlafplatz. Die Bindung an die Schlafstelle ist besonders beim höheren Tier — auch beim Menschen — außerordentlich stark. Viele Menschen können bekanntlich an einem „fremden" Ort, sei es auch nur ein anderes Zimmer, zuerst nicht schlafen. Die Appetenz geht also auch hier durchaus nicht auf physische Ruhe allein aus. Bestimmte, nach Art und Individuum variierende Bedingungen (besonders Bekanntheit, Gewohnheit) sind für die Herstellung eines psychischen Ruhezustandes notwendig, der erst seinerseits auch die physische Ruhe herbeiführt.

Auch bei Wirbellosen finden wir derartige Appetenzhandlungen. VON FRISCH (1918) berichtet von einer Schlafgemeinschaft von 6 Männchen der Furchenbiene (*Halictus*), die (vorwiegend abends, nachts und in den Morgenstunden) an einem ganz kurzen Stück eines vertrockneten Blütenstengels von *Buphthalmum salicifolium* L. beisammensaßen. Kam dann auf einen Augenblick die Sonne hervor, so flogen sie weg, kehrten aber immer wieder an denselben Stengel zurück. FRISCH beobachtete dieses Verhalten durch 3 Tage hindurch. Auch wenn die Tiere durch Klopfen zum

[1]) In diesem Zusammenhange seien auch Geschwistertiere erwähnt, die unter Umständen Heimcharakter zu besitzen scheinen. So besteht nach LORENZ (1935, S. 370) beim Seidenreiher während ziemlich langer Zeit eine von den Eltern unabhängige Geschwistergemeinschaft, „engstes Zusammenhalten und unbedingte Verträglichkeit der Nestgeschwister", die sich gegen fremde Seidenreiher äußerst feindselig verhalten. Unter den Nestflüchtern nennt LORENZ (ebenda, S. 371) die Anatiden, bei denen die Geschwisterkücken besonders innige Beziehungen haben.

Auffliegen veranlaßt wurden, kehrten sie wieder an denselben Stengel zurück, obwohl es in der Nähe eine ganze Reihe ebensolcher Blütenstiele gab. Manchmal fanden sie wohl denselben Stengel, setzten sich aber entweder ein Stück zu hoch oder zu tief an. Da trippelten sie dann wie suchend umher, um schließlich wieder aufzufliegen, sich zu orientieren und endlich an der altgewohnten Stelle wieder anzusitzen und gleichsam befriedigt in der gewohnten Gesellschaft sitzenzubleiben.

PITTONI (1933) nennt noch eine ganze Anzahl derartiger Schlafgesellschaften bei Insekten. Wie in diesem Beispiel wird der angestrebte Ruhezustand bei der Schlafstelle nicht in erster Linie durch schützende, sondern durch *soziale* Eigenschaften des Schlafplatzes gewährleistet. Das Tier wird psychisch und damit erst physisch ruhig, wenn ein oder mehrere Artgenossen sich an der gleichen Stelle befinden. Die Lage des Artgenossen spielt zuweilen auch eine Rolle. Ich beobachtete z. B. im Basler Zoologischen Garten 8 junge Malaienbären, die sich abends immer an einer bestimmten, durch nichts besonders ausgezeichneten Stelle des geräumigen Käfigs zusammenfanden und unter lautem Gesumme ihre Schlafstellung eng neben- und übereinander einnahmen. Obwohl tagsüber die Türe des Käfigraumes offen und es dadurch sicher oft kühler war als nachts bei geschlossener Türe, kam es während des Tages nie zu einer solchen Zusammenklumpung. Diese ist also sehr wahrscheinlich nicht nur auf ein besonderes Wärmebedürfnis, sondern wirklich auf ein soziales Bedürfnis zurückzuführen.

Der soziale Faktor bei der Wahl des Schlafplatzes kann dazu führen, daß ein Artgenosse selbst zum Schlafplatz gewählt wird und die Appetenzhandlung sich direkt auf diesen richtet. Dies ist der Fall bei jungen Nestflüchtern unter den Vögeln, die zum Schlafen unter einen Elternvogel kriechen.

Es sei hier noch auf ein besonderes Verhalten aufmerksam gemacht, das sich häufig bei gefangenen Tieren in Zoologischen Gärten einstellt. Viele dieser Tiere werden tagsüber in einem Außenkäfig gehalten und erst abends in den Innenkäfig gelassen, wo sich ihr Schlafplatz befindet. Die Appetenz nach dem Schlafplatz stellt sich aber oft schon früher ein, und die künstliche Absperrung vom Schlafplatz bewirkt ein geradezu ins Neurotische gesteigertes Appetenzverhalten, das sich in Hin- und Herlaufen senkrecht oder parallel zum Eingang des Innenkäfigs äußert.

Ein Nasenbär des Amsterdamer Zoologischen Gartens lief, wie ich im Herbst 1936 beobachten konnte, zu verschiedenen Tageszeiten stundenlang vor dem verschlossenen Türchen zum Innenkäfig in raschem Tempo und mit nur kurzen Unterbrechungen in stereotyper Weise hin und her. Wurde das Türchen geöffnet, so begab sich das Tier jeweils sofort an den Schlafplatz auf ein Brett im Innenkäfig und verhielt sich fast vollständig ruhig, schlief auch meist bald ein. Der Hin- und Herlauf vor dem Türchen entsprang also durchaus nicht einem spontanen Bewegungsbedürfnis, wie leicht hätte angenommen werden können, sondern muß wohl als übersteigerte, auf den Schlafplatz gerichtete Appetenzhandlung gedeutet werden[1]).

Daß auch in der menschlichen Psychiatrie Fälle von übersteigertem Streben nach dem Schlafplatz vorkommen können, wird durch einen Fall bestätigt, über den mir Herr Dr. med. A. FRIEDEMANN (Bellelay, Berner Jura) in freundlicher Weise seine unveröffentlichten Notizen zur Verfügung stellte. Es handelt sich um einen Fall infantiler Demenz. Er schreibt (17. Dezember 1938):

„Nimmt man den Kranken aus seinem Bett, so macht sich ein an primitiv tierische Bedürfnisse erinnerndes Neststreben bemerkbar. Wie ein dem Nest noch nicht entwöhnter junger Hund klettert der Bub sofort wieder ins Bett zurück, wenn man ihn nicht in einer gewissen Entfernung von seinem Lager hält. Gelingt es aber, ihn abzulenken, ... wird ein ausgesprochener Bewegungsautomatismus ausgelöst, der den Kranken fast ständig zu mehr oder weniger raschem Gehen zu zwingen scheint ..." „Während einer Beobachtungszeit von etwa 1 Stunde schien der Patient nur einmal während etwa 10 Sekunden ruhigzustehen ..."

Das dauernde rasche Gehen bei Behinderung am Aufsuchen des Bettes stimmt auffallend mit dem Verhalten des erwähnten Nasenbären überein und ist wohl ebenfalls als durch ein Hindernis besonders stark zum Ausdruck gebrachtes Appetenzverhalten zu deuten.

7. *Die Flucht und das Fluchtziel.*

Die Fluchtreaktion, deren Gesetzmäßigkeiten erstmals von HEDIGER (1934, 1937) aufgezeigt wurden, sind von anderen Autoren und sogar noch von LORENZ (1937a, S. 27) als Instinkthandlung bezeichnet worden, während HEDIGER sich jeder Zuordnung der Flucht zu einem bestimmten Handlungstypus enthält. Hält man sich jedoch die wichtigsten Kennzeichen der Fluchtreaktion vor Augen, so sieht man, daß sie alle Merkmale einer Appetenzhandlung aufweist.

Die Flucht ist eine subjektiv zweckgerichtete Handlung. Das Tier strebt auf der Flucht nach einem Ziel. Dieses Ziel kann im einzelnen sehr verschieden sein. Das Gemeinsame aller Fluchtziele ist aber ein psychischer Ruhezustand, der —

[1]) Diese Deutung wird durch eine Anzahl von Experimenten gestützt, die mit diesem Nasenbären ausgeführt wurden. Bot man zwei offene Türchen, eine zum Haupt- und eine zum gewöhnlich unbewohnten Nebenkäfig, so ging das Tier sofort in den Hauptkäfig und blieb auch in diesem, wenn morgens das Türchen geöffnet wurde. Die Zulassung in den Nebenkäfig bei gleichzeitiger Ausschließung vom Hauptkäfig hob die Laufgewohnheit trotz gleich hoher Temperatur in beiden Innenkäfigen erst nach längerer Zeit und nicht vollständig auf. Der Hauptkäfig und Schlafplatz wurde auch nach Beruhigung im Nebenkäfig sofort aufgesucht, sobald ein Zugang vorhanden war.

wie der Instinktablauf — um seiner selbst willen angestrebt wird.

Die Fluchtreaktion ist ferner eine ausgesprochen gerichtete Bewegung mit dem Charakter einer Taxis oder einer erlernten Orientierungsbewegung. Die Richtung der Bewegung kann angeboren sein. So hat HEDIGER (1934, S. 22) bei einigen Gecko-Arten nachgewiesen, daß sie entweder nur nach oben oder nur nach unten fliehen. Für einige Scinciden stellte er ausschließlich Flucht in horizontaler Richtung über den Boden fest. HEDIGER nennt noch weitere Beispiele einer starr beibehaltenen Richtung bei der Fluchtreaktion, wie sie auch bei Säugern beobachtet wurde. In anderen Fällen, besonders bei Tieren, die in ihr Heim fliehen, kann die eingeschlagene Richtung auch eine erlernte Orientierungsbewegung sein.

Aber noch etwas kennzeichnet die Flucht als Appetenzverhalten. Es ist für eine I.h. charakteristisch, daß sie nicht bloß einem inneren Trieb zufolge, sondern auch wegen der subjektiv *lustbetonten Begleitmomente* angestrebt wird (LORENZ 1937a, S. 30). Die Flucht ist sicher nie lustbetont. Das Tier sucht niemals aktiv nach den Reizen, die zu ihrer Auslösung führen, während gerade dieses Suchen nach LORENZ eine der wichtigsten Begleitmomente der I.h. darstellt (vgl. S. 273). Es ist deshalb begrifflich falsch, von einem Fluchttrieb zu sprechen. Das Tier versetzt sich nicht mittels eines Appetenzverhaltens in die Lage, fliehen zu können. Der Trieb, der bei Wahrnehmung eines wirklichen oder vermeintlichen Feindes im Tier auftaucht, *ist ausschließlich darauf gerichtet, den vorher bestehenden und nun gestörten psychischen Ruhezustand wieder herzustellen.* Die Flucht ist das *Mittel*, die Appetenzhandlung, diesen Zustand zu erreichen. Das Fluchtziel, d. i. die Faktorenkombination, die den auf der Flucht erstrebten Ruhezustand herbeiführt, die Umstände, unter welchen bei dieser oder jener Tierart die Fluchtreaktion zum Stillstand kommt, sind bisher kaum erforscht worden. Es würden sich hier sicher interessante Gesetzmäßigkeiten ergeben; denn diese Faktorenkombinationen sind nach Art und Individuum ganz verschieden. Es ist durchaus irrtümlich, zu glauben, ein Tier suche auf der Flucht „einfach wegzukommen". Ein Tier läuft auf der Flucht nicht blindlings und bis zur Ermüdung fort. Bei vielen Tieren ist es auch für das Aufhören der Fluchtreaktion nicht notwendig, daß der „Feind" aus dem Wahrnehmungsfeld des Tieres verschwinde. Es genügt bei vielen Tieren schon, den Abstand zwischen sich und dem Menschen um wenige Zentimeter zu vergrößern (Buchfinken in Parkanlagen), so daß der wirkliche oder vermeintliche Feind gerade außerhalb der Fluchtdistanz (Definition bei HEDIGER 1934, S. 26) zu stehen kommt, um die Fluchtreaktion zum Stillstand zu bringen. In anderen Fällen liegen die Verhältnisse komplizierter. Jeder, der einmal eine Maus auf der Flucht beobachtet hat, weiß, daß sie, wenn irgend möglich, ins Dunkel flieht. Dies allein genügt jedoch nicht, um sie zur Ruhe zu bringen. Nach BROCK (1934, S. 243) fliehen wilde Hausmäuse in die hohle Hand, wenn ihr Heim 1. und 2. Ordnung (Kiste, Sack) gerade nicht erreichbar ist. Die hohle Hand ist dunkel. Aber außerdem gehen von ihr Druckreize aus, und es scheint, daß der erstrebte Ruhezustand bei Mäusen sehr stark von diesen Druckreizen abhängt. Warum flieht aber die Maus bei freier Wahl ins Heim 1. Ordnung und nicht in die hohle Hand? Offenbar wird der intensivste Ruhezustand außer durch Dunkel- und Druckreize durch besondere Bekanntheit der Umgebung, vielleicht auch durch einen Heimgeruch gewährleistet. — Bei wilden Hausmäusen, die in einem Aquariumglas gehalten werden, läßt sich folgendes beobachten: Eine Flucht über eine kleinere Strecke ist durchaus möglich. Wenn die Tiere am Ende eines Nestganges an die Glaswand kommen und man dann von außen die Finger vor ihren Augen hin- und herbewegt, können sie dadurch kaum zur Flucht ins Nestinnere veranlaßt werden, da offenbar Glaswand und Nest genügend Druckreize auf sie ausüben und die Bekanntheitsfaktoren des Nestes wirksam sind. Außerhalb des Heimes wäre eine solche Annäherung ohne Fluchtreaktion nicht denkbar. Die gleichen Auslösereize wirken demnach, je nach dem Grad des schon bestehenden Ruhezustandes, verschieden stark.

Wie die Rückkehr zum Heim, die ja zuweilen mit der Flucht zusammenfällt, ist auch die Flucht ein Appetenzverhalten, das anderen Appetenzhandlungen *übergeordnet* ist.

„Die Befriedigung sowohl des Ernährungs- wie des Geschlechtsbedürfnisses ist aufschiebbar, aber die Flucht vor einem auftauchenden überlegenen Feind kann niemals zurückgestellt werden. Die Flucht ist allem anderen Verhalten übergeordnet" (HEDIGER 1937, S. 185).

In der Gefangenschaft kommt es bei Behinderung der Flucht, ähnlich wie bei der Absperrung vom Schlafplatz, nicht etwa zu einem Stillstehen, sondern zu einem intensivierten Appetenzverhalten: Das Tier läuft dann an der vom vermeintlichen Feind entferntesten Wand hin und her, senkrecht zu der Richtung, in der es fliehen würde. Ich habe dieses Verhalten „Flucht an Ort" genannt (1938, S. 50). Es kann in besonderen Fällen ebenfalls übertriebene, neuroseartige Formen annehmen.

8. Schluß.

In Zoologischen Gärten kann man häufig beobachten, daß ein schlafendes oder ruhig daliegendes Tier vom Publikum mit Mißvergnügen betrachtet wird; durch Zurufe, plötzliches Zischen, wiederholtes Anstoßen mit einem Stock wird versucht, das Tier zu wecken, es zu Bewegungen zu veranlassen. In solchem Verhalten drückt sich meist nicht Quällust, sondern eine tief verankerte Eigenschaft der meisten Menschen aus, Aufmerksamkeit und Interesse in erster Linie auf das Bewegte,

„Dramatische" zu richten. Nur das in Bewegung befindliche Tier „tut etwas", das in Ruhe befindliche „tut nichts", es ist deshalb langweilig. Durch dieses fast ausschließliche Richten des Augenmerks auf Bewegungsvorgänge wird der Ruhezustand nicht als positive Tatsache, als „etwas Wirkliches", sondern nur negativ, als das Fehlen der Motorik erlebt. Diese Einstellung dürfte erklären, warum die außerordentliche Bedeutung der triebmäßig angestrebten Ruhezustände für das ganze Verhalten vieler Vertreter der Wirbellosen und Wirbeltiere bis in die jüngste Zeit völlig übersehen wurde. Daß ein Tier unter Umständen eine Handlung nur deshalb ausführt, weil es mit ihr die Erreichung eines Ruhezustandes anstrebt, ist bisher nicht in seiner vollen Tragweite erkannt worden. Man glaubte bis vor kurzem, die Aktivität auch des höheren Tieres beschränke sich, von Spielen als Ausdruck des Energieüberschusses abgesehen, zur Hauptsache auf die Nahrungsbeschaffung und die Befriedigung der Brunsttriebe. Im Nahrungs- und Fortpflanzungstrieb glaubte man den Schlüssel zur Erklärung der wichtigsten Verhaltensweisen des Tieres zu besitzen. HEDIGER hat dann erkannt, daß es eine diesen Trieben *übergeordnete* Form der Aktivität gibt, die Feindvermeidung, die Flucht. Er analysierte genau die Gesetzmäßigkeiten der Fluchtreaktion, wobei er jedoch das Ziel der Flucht nicht speziell berücksichtigte. Ebenso wie das Aufsuchen der Nahrung oder eines Geschlechtspartners für das Tier Mittel zum Zweck, nämlich Mittel zum Ablaufenlassen einer I.h. darstellt (LORENZ), ist aber auch die Flucht Mittel zum Zweck. Nur ist der Zweck, das Ziel der Flucht, ebenso wie der Zweck der Rückkehr zum Heim, zum Schlafplatz usw., für das Tier nicht der Ablauf einer Handlung, sondern der Eintritt eines triebmäßig angestrebten Ruhezustandes. Der auf einen Ruhezustand gerichtete Trieb kann so stark sein, daß er, wie HEDIGER es für die Flucht gezeigt hat, ein Tier zu einer Handlung zwingt, die die Befriedigung des Nahrungs- oder Geschlechtstriebes zeitweise ausschaltet. Dieser Trieb kann also über die anderen Triebe dominieren. Viele tierische Handlungen können ohne Berücksichtigung triebbedingter Ruhezustände nicht oder nur unzulänglich gedeutet werden. Es war Aufgabe der vorliegenden Ausführungen, zu zeigen, daß der Trieb nach diesen Ruhezuständen, wie sie für viele Tiere im Heim, beim Muttertier, am Schlafplatz oder am Fluchtziel erreicht sind, in die Reihe der wichtigsten verhaltensbestimmenden Faktoren eingesetzt werden muß.

Literatur.

M. BARTELS, Sinnesphysiologische und psychologische Untersuchungen an der Trichterspinne *Agelena labyrinthica* (Cl.). Z. vergl. Physiol. **10**, 527 (1929). — F. BROCK, Jahrmarktsdressur wilder Mäuse als Grundlage einer wissenschaftlichen Verhaltensanalyse. Zool. Anz. Suppl.-Bd. **7**, 235 (1934). — W. CRAIG, Appetites and aversions as constituents of instincts. Biol. Bull. **34** (1918). — C. VON ECONOMO, Die Pathologie des Schlafes. Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie **17**, 563 (1926). — K. v. FRISCH, Beitrag zur Kenntnis sozialer Instinkte bei solitären Bienen. Biol. Zbl. **38**, Nr 5 (1918). — R. GEIGY u. A. M. DU BOIS, Sinnesphysiologische Beobachtungen über die Begattung von *Sialis lutaria* L. Rev. Suisse de Zool. **42**, 447 (1935). — H. HEDIGER, Zur Biologie und Psychologie der Flucht bei Tieren. Biol. Zbl. **54**, 21 (1934). — Die Bedeutung der Flucht im Leben des Tieres und in der Beurteilung tierischen Verhaltens im Experiment. Naturwiss. **25**, 185 (1937). — Ergebnisse tierpsychologischer Forschung im Zirkus. Naturwiss. **26**, 242 (1938). — O. HEINROTH, Beiträge zur Biologie, namentlich Ethologie und Psychologie der Anatiden. Verh. der 5. internat. Ornithol.-Kongr. Berlin 1910. — und M., Die Vögel Mitteleuropas. Berlin-Lichterfelde **1924**—1928. — W. R. HESS, Das Schlafzentrum. Verh. schweiz. naturforsch. Ges. Basel 1927. — Lokalisatorische Ergebnisse der Hirnreizversuche mit Schlafeffekt. Arch. f. Psychiatr. **88**, 813 (1929). — Der Schlaf. Klin. Wschr **1933**, 129. — M. HOLZAPFEL, Die nicht-optische Orientierung der Trichterspinne *Agelena labyrinthica* (Cl.). Z. vergl. Physiol. **20**, 55 (1933) — Über Bewegungsstereotypien bei gehaltenen Säugern. Z. Tierpsychol. **2**, 46 (1938). — R. LEGENDRE u. H. PIÉRON, Recherches sur le besoin de sommeil consécutif à une veille prolongée. Z. allg. Physiol. **14**, 235 (1912). — K. LORENZ, Der Kumpan in der Umwelt des Vogels. J. Ornithol. **83**, 137, 289 (1935). — Über die Bildung des Instinktbegriffes. Naturwiss. **25**, 289, 307, 324 (1937). — Über den Begriff der Instinkthandlung. Folia Biotheoreth. Nr II: Instinctus, S. 17, Leiden 1937a. — H. PETERS, Experimentelle Untersuchungen über die Brutpflege von *Haplochromis multicolor*, einem maulbrütenden Knochenfisch. Z. Tierpsychol. **1**, 201 (1937). — B. PITTONI, Über Schlafgesellschaften solitärer Insekten. Verh. zool.-bot. Ges. Wien **83**, 192 (1933). — J. v. UEXKÜLL u. G. KRISZAT, Streifzüge durch die Umwelten von Tieren und Menschen. Berlin: Julius Springer 1934. — H. WINTERSTEIN, Schlaf und Traum. Berlin: Julius Springer 1932. — H. ZONDEK u. A. BIER, Hypophyse und Schlaf. Klin. Wschr. **1932**, 760.

Versuch einer Theorie der Dynamik der Mangan- und Eisenschichtung im eutrophen See[1]).

Von WILHELM EINSELE, Weissenbach a. Attersee.

(Schluß*).

VI.

Aus den Darlegungen des vorhergehenden Abschnittes folgt, daß das in den Tiefenschichten von Seen gefundene Verhältnis der Eisenmengen zu den Manganmengen eine Größe ist, die zu einem eingehenderen Vergleich nur in Verbindung mit bestimmten zusätzlichen Angaben brauchbar ist (z. B. über die Zeit, die seit Bestehen der Stagnation, insbesondere über die Zeit, die seit dem ersten Auftreten von Eisen und Mangan verflossen ist). Die besten Vergleichs-

[1]) Aus dem Institut für Seenforschung der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft Langenargen a. Bodensee.

*) Vgl. Heft 17, S. 257.

grundlagen liefern natürlich möglichst umfassende Angaben über den chemischen und physikalischen Zustand der betr. Seen während aller Phasen einer Stagnationsperiode. Solche umfangreichen Angaben liegen bisher nur über wenige Seen vor. Da jedoch angenommen werden kann, daß das zur Debatte stehende Verhältnis sich in einem bestimmten See im allgemeinen innerhalb nicht allzu weit auseinander liegender Grenzen bewegt, so erscheint ein wenigstens orientierender Vergleich verschiedener Seen auch ohne die oben angegebenen Voraussetzungen möglich. In Verbindung mit diesem Vergleich sollen verschiedene bisher noch offengelassene Fragen behandelt werden.

Im allgemeinen wird im Hypolimnion eutropher Seen mehr Eisen als Mangan gefunden. So gibt z. B. JOSHIMURA (1931) für japanische Seen ein Durchschnittsverhältnis Fe:Mn = 5:1 an; JUDAY, BIRGE und MELOCHE (1938) fanden bei ihren Untersuchungen nordamerikanischer Seen, daß die festgestellten Eisenmengen 5—10mal größer waren als die Manganmengen (freilich fanden sie im Troutlake eine hiervon stark abweichende Ausnahme: Fe:Mn über Grund = 1:4). Die von RUTTNER untersuchten tropischen Seen weisen eine breite Variation der Eisen- und Mangangehalte auf; im Gesamtdurchschnitt ergibt sich jedoch eher ein Mangan- als ein Eisenüberschuß.

Für das Zustandekommen der Unterschiede der *absoluten* Eisen-Mangangehalte in verschiedenen Seen (die im folgenden ebenfalls kurz betrachtet werden sollen) und für die Unterschiede in den Proportionen, in denen die beiden Metalle im Hypoliminon gefunden werden, kommen wahrscheinlich zahlreiche Ursachen in Betracht.

Zunächst darf natürlich angenommen werden, daß ein See eine um so höhere hypolimnische Mangankonzentration aufweisen wird, je mehr Manganioxyd in seinem Sediment enthalten ist. Wie aus den folgenden Daten und Überlegungen hervorgeht, wäre es aber sicher verfehlt, allgemein anzunehmen, daß das Verhältnis Fe:Mn im Sediment dem Verhältnis im hypolimnischen Wasser entspricht. Die Wechselbeziehungen zwischen dem Eisen-Mangangehalt der „disponibeln" Sedimentschichten und den O_2-armen Wasserschichten können vorerst auf folgende einfache Formel gebracht werden: *Da die Umwandlung unlöslicher Manganverbindungen in lösliche leichter vonstatten geht als die entsprechender Eisenverbindungen, so wird das hypolimnische Wasser relativ mehr Mangan (und weniger Eisen) enthalten, als dem Verhältnis Mn:Fe im Sediment entspricht.*

Wie wir gesehen haben, kann z. B. für den Schleinsee als Durchschnittswert des Verhältnisses Mn:Fe im hypolimnischen Wasser etwa 1:1,5 angegeben werden. Analysen des Sedimentes der Kontaktzone ergaben nun ein Verhältnis Mn:Fe 1:17! Die oben aufgestellte These scheint somit für diesen Fall in geradezu drastischer Form bewiesen zu sein. Es muß hier jedoch auf einen die Schlüssigkeit der angeführten Zahlen bis zu einem gewissen Grade in Frage stellenden Umstand hingewiesen werden: die Daten über die Sedimentanalysen sagen nichts über dessen *qualitative* Zusammensetzung aus. Nun muß aber damit gerechnet werden, daß die Sedimente Eisen (oder Mangan) zum Teil in Verbindungen enthalten sein können, die durch die im Sedimentwasserkontakt wirksamen Mittel nicht in Lösung gebracht werden. Zu diesem Punkte können nur wenige bestimmtere Angaben gemacht werden.

Das profundale Sediment des Schleinsees enthält — wie das vieler anderer eutropher Seen — Eisensulfid. Dieses kann zwar in den Perioden, während welcher die Kontaktzone sauerstoffreich ist, in Ferrihydroxyd überführt werden (und ist dann für die kommende Stagnationsperiode dem „disponiblen" Eisenvorrat des Sedimentes zuzurechnen), es kann aber einerseits nicht mit Sicherheit gesagt werden, wieviel von dem in der Analyse erfaßten Eisen *dauernd* in Form seines Sulfids im Sediment verbleibt, und andererseits ist unbestimmt, wieviel nach wieder eingetretenem O_2-Schwund durch an der Sedimentoberfläche entstehenden Schwefelwasserstoff bald wieder in Eisensulfid, d. h. in eine nicht mehr disponible Form überführt wird. Jedenfalls können aus nur quantitativen, nicht zugleich aber auch qualitativen Analysen von Sedimenten Folgerungen in bezug auf die hier behandelten Fragen nur mit Vorbehalten gezogen werden.

Außer, wie oben angedeutet, über den Umweg der Beeinflussung bestimmter Verhältnisse im Sediment kann Schwefelwasserstoff auch unmittelbar sehr erheblichen Anteil an der Prägung des hypolimnischen Schichtungsbildes des Eisens und des Mangans haben. Es muß deshalb die Gültigkeit der vorausgegangenen Darstellung der Dynamik der Eisen-Manganschichtung auf diejenigen Seen beschränkt werden, in denen Schwefelwasserstoff überhaupt nicht oder nicht in nennenswerten Mengen produziert wird.

Der Schwefelwasserstoff beeinflußt unmittelbar nur die Eisenschichtung, und zwar deshalb, weil das Löslichkeitsprodukt des Eisensulfids einen so niedrigen Wert hat, daß es bei den im Hypolimnion eutropher Seen in Frage kommenden Fe^{++}- und H_2S-Konzentrationen häufig erreicht wird. (Das Löslichkeitsprodukt des Mangansulfids hat einen um mehr als 10^3 höheren Wert: MnS-Bildung kommt deshalb in Seen wahrscheinlich niemals vor.)

Die Frage der Begrenzung der Eisenkonzentrationen bzw. der Fällung von Eisen in Form seines Sulfids in den Tiefenschichten eutropher Seen ist an anderer Stelle ausführlich behandelt worden (EINSELE 1937). Es sollen deshalb hier nur einige in unserem Zusammenhange wesentliche Momente erörtert werden.

Da die Dissoziation des Schwefelwasserstoffs, d. h. die Menge der bei gegebener H_2S-Konzentration gebildeten S''-Ionen stark vom p_H des Lösungsmediums abhängt, so spielt dieser neben der H_2S-Konzentration selber eine sehr wesentliche Rolle. Der mathematische Ausdruck, der die Beziehungen zwischen Fe^{++}, H_2S und der H^+-

Ionenkonzentration regelt (in dem also das Löslichkeitsprodukt des FeS und die Dissoziationskonstante des H_2S zusammengefaßt sind), lautet:

$$\text{mg } Fe^{++}/l = \frac{7{,}7 \cdot 10^{18}[10-p_H]^2}{\text{mg } H_2S/l}.$$

Aus dieser Formel ergibt sich beispielsweise: Bei einem p_H von 7 und einer H_2S-Konzentration von 7,7 mg/l (einer bei Seen bereits hohen Konzentration) kann die gleichzeitig bestehende Fe^{++}-Konzentration nur 0,1 mg/l sein. Aber auch wenn die H_2S-Konzentration nur etwa 1 mg/l beträgt, kann die Fe^{++}-Konzentration höchstens etwa 1 mg/l betragen. Ist der p_H erheblich höher (nehmen wir an: 7,5), so kann selbst bei Anwesenheit von nur 1 mg H_2S/l die Eisenkonzentration höchstens 0,1 mg/l betragen. Je weiter der p_H sich von 7 abwärts bewegt, um so höhere Fe^{++}- und H_2S-Konzentrationen können nebeneinander existieren. Weist hypolimnisches Wasser einen p_H unterhalb von 6,5 auf, so darf es bereits als Ausnahmefall angesehen werden, wenn es noch zu Sulfidfällungen kommt.

Auch zur Frage der „Sulfidfällung" lieferte der Schleinsee ein instruktives Beispiel. In den Jahren 1934 bis 1937 war im Hypolimnion H_2S nur bisweilen im *Sommer* in geringer Konzentration (unter 1 mg/l) festgestellt worden. Im *Herbst*, d. h. während der beiden, der Vollzirkulation voraufgehenden Monate, wurde H_2S nie beobachtet. Die Eisenschichtung konnte sich mithin ganz unbehindert — wenigstens von dieser Seite her — entwickeln. — Dazu muß noch hervorgehoben werden, daß die in den verschiedenen Jahren etwa im Oktober festgestellten Eisenkonzentrationen einander sehr ähnlich waren. Als Beispiel bietet Tabelle 7 die Eisenschichtung vom 27. X. 1937.

Im Frühjahr und Frühsommer 1938 wurde nun in den Stoffkreislauf des Sees von außen her eingegriffen, indem ihm größere Mengen Phosphat und Sulfat zugeführt wurden. Durch diese Zugaben sollte u. a. bewirkt werden, daß die hypolimnischen Eisenkonzentrationen im Herbst nicht zu so hohen Werten anstiegen wie in den vorhergegangenen Jahren. Wirkungen in dieser Richtung waren vor allem von der SO_4-Zugabe erwartet worden, da SO_4 in den O_2-armen Schichten eutropher Seen leicht zu H_2S reduziert wird.

Im Sommer 1938 traten zunächst, ähnlich wie in den Jahren 1934—1937, nur relativ geringe Schwefelwasserstoffmengen auf, auch die Eisenkonzentrationen waren denen der früheren Jahre ähnlich (s. Tabelle 8). —

Tabelle 8.

Tiefe	Eisen				Mangan	
	1937		1938		1937	1938
m	21. VII.	27. X.	1. VIII.	24. X.	27. X.	24. X.
9	750	240	330	1050	550	750
10	1300	2600	1100	1200	1400	800
11	1700	4000	1500	1300	1400	800

Eisenkonzentrationen (mg Fe/cbm) im Schleinsee zwischen 9 und 11 m im Sommer und Herbst 1937 und 1938. Mangan nur für den Herbst.

Im Gegensatz zu den früheren Jahren aber verschwand im Herbst 1938 der Schwefelwasserstoff nicht aus dem hypolimnischen Wasser, es wurden vielmehr gerade zu dieser Zeit die höchsten Konzentrationen festgestellt (im Oktober in der 9—11 m-Zone 1,4 bis 1,6 mg/l; der p_H bewegte sich von 9 nach 11 m von 7 nach 6,8).

Den Einfluß, den die veränderten H_2S-Verhältnisse auf die Fe-Konzentrationen hatten, zeigt ein Blick auf Tabelle 8. Während im *Sommer* in allen Jahren (1935—1938) ähnliche Konzentrationen gefunden worden waren, betrugen sie im *Oktober* 1938 nur die Hälfte bis ein Drittel derjenigen der Jahre 1935—1937.

Die veränderten chemischen Verhältnisse des Jahres 1938 zwangen auch der Dynamik der Manganschichtung Abwandlungen auf. Diese traten allerdings erst von dem Zeitpunkte an hervor, wo die herbstlichen Teilzirkulationen die obersten manganführenden Schichten anzugreifen begannen.

Während der damit einsetzenden allmählichen Einbeziehung des Hypolimnions in die homotherme Oberzone (Mitte September bis Mitte November 1938) trat nämlich erstens der erwartete, S. 263, für das Jahr 1937 beschriebene Mn-Anstieg in den tieferen Schichten nur ganz schwach in die Erscheinung, und zweitens konnte nie eine inverse Schichtung beobachtet werden. (Die Entnahmezeiten lagen während der „kritischen" Periode nur jeweils 2—4 Tage auseinander.)

Die Tatsache, daß im Jahre 1938 in den bodennahen Schichten von Anfang August bis Anfang November keine Erhöhung der Mangankonzentrationen mehr stattfand, ist auch als ein weiterer Beweis für die auf S. 263 aufgestellte Behauptung zu werten, daß die Manganreserven des Sediments sich mit fortschreitender Stagnation erschöpfen und daß nach anfänglich raschem Ansteigen die Konzentrationen sich bald nur noch wenig erhöhen und daß evtl. neuerliches starkes Ansteigen im Herbst andere Ursachen hat als das Ansteigen im Frühsommer.

Die Erklärung für das Ausfallen des Herbstanstieges im Jahre 1938 ergibt sich aus folgenden Umständen: Bei dem allmählichen Tieferrücken der Herbstteilzirkulationen blieb der sonst beobachtete „vorauseilende" O_2-Anstieg in der Schicht *unterhalb* der jeweiligen homothermen Oberzone aus. Es kann dabei nicht zweifelhaft sein, daß auch im Herbst 1938 der *vollen* Einbeziehung einer Tiefenschicht in die Oberzone eine Erhöhung ihrer Sauerstoffkonzentration vorausging. Die geringen zugeführten Mengen wurden aber sofort wieder verbraucht, und zwar offenbar deshalb, weil die „potentielle Sauerstoffzehrung" des hypolimnischen Wassers größer war als in früheren Jahren. — Als Ursache der gesteigerten Zehrungspotenz kann einmal der dauernd vorhandene Schwefelwasserstoff, zum anderen die allgemein in der Tiefe größere Reduktionskapazität, hervorgerufen durch die (infolge der Phosphatgaben) gesteigerte Produktion, angesehen werden.

Jedenfalls führte die „vorauseilende" O_2-Zufuhr nicht, wie sonst, zur Schaffung eines für Mn^{++} ausreichenden Oxydationsmilieus und damit auch nicht zu einer der Zirkulation voraufeilenden Manganfällung, das Mangan wurde vielmehr erst nach voller Einbeziehung einer Tiefenschicht in die homotherme Oberzone oxydiert. Dabei wurde es aber auf das ganze Epilimnion verteilt. Die Menge, die schließlich nach dieser „zerstreuten Fällung" aus dem Teil des Epilimnions wieder absank, der zu dem etwa 9 m tiefen

Seebereich „gehört", war nur ein geringer Bruchteil der ursprünglich in der betreffenden Tiefenschicht gelöst gewesenen Manganmenge[1]).

Wir dürfen aus den Ergebnissen des am Schleinsee angestellten limnochemischen Experimentes den allgemeine Geltung beanspruchenden Schluß ziehen, daß während der Abkühlungsperiode inverse Manganschichtungen in den Seen der gemäßigten Breiten dann am ehesten zu erwarten sind, wenn die Reduktionskapazität des hypolimnischen Wassers gering ist. — Besonders Seen mit H_2S-reichem Wasser dürften das Phänomen kaum zeigen. In allen Fällen wird es aber mit um so größerer Wahrscheinlichkeit auftreten, je größer die Mächtigkeit der Mangan führenden Tiefenzone ist.

In einem eutrophen See mit einer sehr mächtigen O_2-freien Zone kann auch noch am ehesten damit gerechnet werden, daß während eines von oben her erfolgenden Abbaus dieser Zone *inverse Eisenschichtungen* infolge intrahypolimnischer Umlagerungen des Eisens auftreten. Auf diese Weise entstandene „sedimentferne" Eisenmaxima werden aber wegen der verhältnismäßig großen Widerstände, die Ferrihydroxyd der Reduktion entgegensetzt, unter allen Umständen einen flachen Verlauf aufweisen und sich auf einen großen vertikalen Abstand erstrecken.

Außer durch intrahypolimnische Umlagerungen (die als Entstehungsursache wahrscheinlich nur sehr selten in Frage kommen) können inverse Eisenschichtungen noch in Seen auftreten, in denen bestimmte H_2S-Konzentrationen mit günstigen p_H-Bedingungen kombiniert sind. Dieser Fall ist sicherlich nicht selten. Wie sich nämlich leicht aus der oben (S. 282) angeführten Gleichung für die FeS-Bildung ablesen läßt, muß eine mit der Tiefe zunehmende Fällung des Eisens als Ferrosulfid eintreten, wenn die H_2S-Konzentration in dem betreffenden See *bei etwa gleichbleibendem* p_H mit der Tiefe ansteigt. Voraussetzung ist dabei natürlich, daß die Eisen- bzw. H_2S-Konzentrationen so hoch sind, daß das Löslichkeitsprodukt des Eisensulfids überhaupt erreicht wird. Dasselbe würde auch eintreten, wenn bei gleichbleibender H_2S-Konzentration der p_H mit der Tiefe zunähme (vgl. dazu Fig. 3, c_3).

In extremen Fällen, vor allem dann, wenn der p_H höher ist als 7, kann im hypolimnischen Wasser gelöster Schwefelwasserstoff zur Ursache für das völlige Verschwinden des Eisens werden; denn es genügt dann, wie schon oben angedeutet worden ist, eine H_2S-Konzentration von wenigen mg/l, um die Eisenkonzentration unter 0,1 mg/l herunterzudrücken. Die Manganschichtung wird hingegen in keinem Falle von den Schwefelwasserstoffverhältnissen des Hypolimnions *unmittelbar* beeinflußt. Schichtungen, die aus diesem Bedingungskomplex erklärbar erscheinen, wurden z. B. von OHLE im Plöner See und von RUTTNER in einigen javanischen Seen gefunden (vgl. auch Fig. 3, c_4).

[1]) Der Schleinsee hat eine Oberfläche von 149000 qm. Die 9 m-Isobathenfläche hat nur noch einen Inhalt von 39000 qm!

VII.

In Fig. 3 ist der Versuch gemacht, mit Hilfe einiger schematischer Figuren die Dynamik der Mangan-Eisenschichtung im Verlaufe einer Stagnationsperiode kurz zusammenfassend zur Darstellung zu bringen.

Fig. 3a bietet die Anfangsperiode. Es soll zum Ausdruck gebracht werden, daß das Mangan von Anfang an in vom Sediment weiter entfernte Schichten reicht als das Eisen und daß seine Konzentrationen zunächst verhältnismäßig rascher ansteigen als die des Eisens. — Fig. 3b gibt ein Schema der Hochsommerschichtung. Der Anstieg der Mn-Konzentrationen hat sich verlangsamt, das Eisen dagegen ist kräftig weiter gestiegen. — Fig. 3c versucht, mehrere mögliche „Reifezustände" der Mangan-Eisenschichtung wiederzugeben. — Fig. 3, c_1 stellt ein Schema der Herbst-

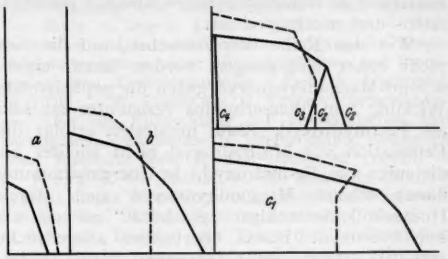

Fig. 3. Schema der Dynamik der Mangan-Eisen-Schichtung im Verlauf einer ganzen Stagnationsperiode. (Erläuternder Text unter Abschnitt VII.)
------ Mn; —— Fe.

schichtung in einem schwefelwasserstoffreien See mit geringer hypolimnischer Zehrungspotenz dar; 3, c_2 dagegen bezieht sich auf einen See, bei dem geringe Mengen H_2S im Hypolimnion vorhanden sind, die 1. die Eisenkonzentrationen niedriger halten als in dem in Fig. 3, c_1 dargestellten Falle, und 2. einen stärkeren (umlagerungsbedingten) herbstlichen Mangananstieg verhindern. — Fig. 3, c_3 bezieht sich auf einen ähnlichen See, bei dem jedoch eine starke Zunahme des H_2S mit der Tiefe eine inverse Eisenschichtung hervorgerufen hat; Fig. 3, c_4 schließlich bietet den Seentypus, dessen p_H- und H_2S-Verhältnisse eine fast völlige Verdrängung des Eisens (als FeS) aus dem hypolimnischen Wasser bewirkt haben.

VIII.

Die Erörterungen über den limnischen Eisen- und Mangankreislauf wurden in diesem Aufsatze absichtlich auf den *eutrophen* See im engeren Sinne des Wortes beschränkt. Es kann aber nicht zweifelhaft sein, daß die Unterschiede im Ver-

halten von Eisen und Mangan auch im *dystrophen* See oder — allgemein regional betrachtet — auch in sauren *humosen* Gebieten eine wesentliche Rolle spielen. Durch den Humusgehalt des Wassers wird aber (abgesehen von der in der Regel damit verbundenen hohen Wasserstoffionenkonzentration) ein neues, die Verhältnisse komplizierendes Element in die Debatte eingeführt: *Humuskolloide* wirken bekanntlich Ferrihydroxyd gegenüber als Schutzkolloide und können so eine Sedimentierung oxydierten Eisens verhindern, ja sie können sogar auf Eisenocker eine direkt peptisierende Wirkung ausüben und dadurch eine Lösung, besser ausgedrückt: Mobilisierung von $Fe(OH)_3$ *ohne Reduktion* verursachen (vgl. ODÉN 1930; ASCHAN 1908, 1932; NAUMANN 1930).

Man kann jedenfalls ganz allgemein damit rechnen, daß in humushaltigem Wasser, auch wenn es reichlich Sauerstoff enthält, Eisen (und Mangan; vgl. unten) nachzuweisen ist, während es für den eutrophen (humusfreien) See charakteristisch ist, daß er in seiner sauerstoffreichen Oberzone (und in Zirkulationszeiten überall) praktisch eisen- und manganfrei ist.

Wie eine Reihe von Versuchen, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, ergab, scheint Manganihydroxyd gegen die peptisierende Wirkung von Wasserhumus resistenter zu sein als Ferrihydroxyd. (Zum mindesten erfolgt die Peptisation von Mn-hydroxyd nicht leichter als diejenige von Fe-hydroxyd.) In Übereinstimmung damit scheint Manganihydroxyd auch durch Humuskolloide weniger „geschützt" zu sein als Ferrihydroxyd. Etwas übertrieben ausgedrückt verhalten sich somit Mangani- bzw. Ferrihydroxyd gegenüber Humuskolloiden etwa umgekehrt wie gegenüber Reduktionsmitteln: *Ferrihydroxyd scheint leichter kolloidal mobilisierbar (und in Lösung haltbar) zu sein als Manganihydroxyd.* Die Eisen-Manganschichtung in dystrophen Seen kann aus diesen Gründen in der *O_2-reichen Oberzone* und in der Übergangszone zu den O_2-armen Tiefenschichten mehr oder weniger entgegengesetzte Tendenzen aufweisen wie im *O_2-armen Hypolimnion* normaler eutropher (und auch dystropher) Seen. Da Eisen und Mangan aber in sauerstoffreichem, humushaltigem Wasser einerseits und in sauerstoffarmem andererseits in völlig verschiedenen Zuständen vorliegen, so müssen sie sowohl in chemischer als auch in biologischer Hinsicht ganz verschieden bewertet werden. (Vgl. dazu EINSELE 1938.)

In dystrophen Wässern können natürlich die beiden Prozesse, durch die Mn- bzw. Fe-Ocker mobilisiert werden können, nämlich die kolloidale Lösung durch Humussubstanzen und die unter Reduktion verlaufende „echte" Lösung, sich auf engem Raume nebeneinander abspielen.

Schließlich muß noch ganz kurz auf die mögliche Rolle der Fe^{++}- bzw. Mn^{++}-oxydierenden Bakterien eingegangen werden. Die Urteile über ihre Bedeutung für den Kreislauf des Eisens und Mangans gehen, vor allem in quantitativer Beziehung, auch heute noch sehr weit auseinander (vgl. dazu u. a. die mit reichen Literaturangaben versehenen zusammenfassenden Darstellungen von NAUMANN 1930, DORFF 1935 und BAIER 1937).

Da, wie wir gesehen haben, bei den im normalen *eutrophen* See herrschenden p_H-Verhältnissen (untere p_H-Grenze etwa 6,5) insbesondere Fe^{++} sehr leicht und schnell von Sauerstoff allein oxydiert wird, so darf angenommen werden, daß hier die Fe^{++}-oxydierenden Bakterien, wenn überhaupt, so nur eine ganz untergeordnete Rolle spielen können. Bei der Mn^{++}-Oxydation ist ihre Mitwirkung wahrscheinlich von erheblicherer Bedeutung.

In sauren, dystrophen Gewässern liegen die Verhältnisse auch für das zweiwertige *Eisen* anders, da bei O_2-Zutritt zu Fe^{++}-haltigem Wasser die anorganische Oxydation mit fallendem p_H immer schleppender verläuft (vgl. S. 260). Es ist somit dort den Fe^{++}-oxydierenden Bakterien rein zeitlich schon eine größere Chance geboten, ihre offenbar katalytischen Befähigungen zu betätigen. Dasselbe gilt in solchen Milieus in noch gesteigertem Maße für die Mn^{++}-Oxydation.

IX.

Schlußbemerkungen. Es darf angenommen werden, daß die hier zur Deutung der Dynamik der Eisen-Manganschichtungen in Seen verwendeten Prinzipien ganz allgemein bei der Deutung des geochemischen Verhaltens des Eisens und des Mangans (soweit die in Frage kommenden Verbindungen der beiden Metalle mit Wasser in Berührung kommen) von einigem Nutzen sein werden.

a) Aus den S. 259 dargelegten Gründen muß man z. B. annehmen, daß Mn-Fe-Ablagerungen, wenn sie mit reduktionsaktivem Wasser in Berührung kommen, eine der S. 261 f. besprochenen *Schichtungsdifferenzierung* analoge *Lagerungsdifferenzierung* erfahren werden: Es wird, solange an einer Lagerstätte Mn- und Fe-Oxyde nebeneinander vorhanden sind, relativ *mehr Mn* als Fe in Lösung gehen. Wenn hingegen die weggeführten Fe- und Mn-haltigen Lösungen an die Atmosphäre gelangen, so wird *zuerst das Eisen* und *dann das Mangan* wieder ausgefällt bzw. abgelagert werden. Man kann demnach damit rechnen, daß man bei gemischten sekundären Ockerablagerungen um so Mn-reicheres Erz antreffen wird, je weiter man sich von der Bildungsstelle der Lösungen (in Richtung ihrer ursprünglichen Fließbewegung) entfernt (vgl. dazu VOGT 1906).

b) Es ist ohne weiteres vorstellbar, daß gelöstes Manganbikarbonat (wegen seiner relativen Resistenz gegenüber Luftsauerstoff), wenn es in nicht zu großer Entfernung vom Meer in Flußläufe gelangt, unverändert in dieses getragen und erst dort ausgefällt wird; für die entsprechenden Eisenverbindungen ist das sehr viel unwahrscheinlicher: Die auffallende Erscheinung, daß im Meer *Mangan-*

knollen gefunden werden, fände so vielleicht eine plausible Erklärung.

c) Unter gewissen Grenzbedingungen ist es möglich, daß nur Manganoxyde, nicht aber auch Eisenoxyde in Lösung übergehen (vgl. S. 259/60). Es ist denkbar, daß solche Bedingungen das gesamte, in Böden befindliche Mangan, nicht aber das Eisen wegführen. Nun werden bekanntlich bestimmte Krankheiten von Kulturgewächsen auf gewissen Böden durch Manganmangel verursacht. Bei der Mn-Düngung solcher Böden ist, wie aus dem S. 259/60 Gesagten hervorgeht, ein länger anhaltender Erfolg um so sicherer gewährleistet, je mehr gleichzeitig der p_H des Bodens erhöht und je mehr für eine Steigerung der Durchlüftung gesorgt wird.

d) STARKEY und HALVORSON (1937) beobachteten, von bodenkundlichen Fragestellungen ausgehend, daß $Fe(OH)_3$ sich in gärenden Zucker- oder Peptonlösungen auflöste. Als verursachende Faktoren betrachten sie den infolge der Gärungen verminderten Sauerstoffdruck und die dabei entstandenen Säuren. Man kann nun im Versuch leicht beweisen, daß selbst z. B. bei einem CO_2-Druck von 1000 mg/l und völliger Abwesenheit von Sauerstoff $Fe(OH)_3$ nicht in Lösung geht. (Die Lösung in Säuren beginnt, unabhängig vom O_2-Druck, erst unterhalb p_H 2,3): Die Deutung, welche STARKEY und HALVORSON ihren Versuchen gaben, ist ziemlich sicher unrichtig, die Ursache der Auflösung waren auch bei diesem Fall sehr wahrscheinlich die bei den Gärungen auftretenden reduzierenden Stoffe.

e) Auch für bestimmte rein bakteriologische und ökologisch-bakteriologische Fragen ergeben sich aus den dargestellten Erfahrungen an Seen Hinweise zur Erklärung zunächst widerspruchsvoll erscheinender Sachverhalte.

So z. B. kann man nicht erwarten, daß obligate Eisenbakterien in stark kalkhaltigem Wasser sich kräftig vermehren werden. Die nach einer entsprechenden Beobachtung gegebene Erklärung (vgl. DORFF, S. 48), daß hoher Ca-Gehalt auf Eisenbakterien offenbar wachstumshemmend wirke, weiches Wasser aber ihr Wachstum begünstige, ist zwar an sich möglich; wahrscheinlich richtig aber ist meines Erachtens die Annahme, daß die in hartem Wasser herrschenden günstigen *anorganischen* Oxydationsbedingungen den Eisenbakterien keine Zeit lassen, die bei der Oxydation frei werdende Energie für sich auszunützen. Dies ist aber um so mehr der Fall, je weicher das Wasser, genauer ausgedrückt, je niedriger sein p_H ist.

Ein weiterer lehrreicher Fall findet sich gleichfalls bei DORFF (S. 11). DORFF fand, daß in der Umgebung eines eisenführenden Quellgebietes (p_H 5,5—5,8) massenhaft Eisenbakterien auftraten, daß hingegen in einem nahe dabei gelegenen See (p_H 7,5—8,2!), in welchem Wasser aus dem Quellgebiet einmündet und in welchem sich meterdicke Ockerablagerungen bilden, trotz eingehender Untersuchung kaum Spuren von Eisenbakterien zu finden waren. DORFF führt diesen auffallenden Gegensatz auf Vergiftungen des Seewassers zurück. (In der Nähe des Sees finden sich alaunhaltige Sande.) Es ist aber auch in diesem Falle wahrscheinlich, daß der an beiden Orten stark verschiedene p_H und seine Wirkung auf die anorganischen Oxydationsvorgänge die Ursache für das Fehlen oder das Vorhandensein von Eisenbakterien ist.

Literatur.

O. ASCHAN, On vattenhumus. Ark. f. Kemi, Mineral. och Geol. 10 (1932) (schwed., mit dtsch. Zus. d. Erg.) — Die wasserlöslichen Humusstoffe der nordischen Süßgewässer. J. prakt. Chem. 77 (1908). — C. R. BAIER, Die Bedeutung der Bakterien für die Bildung oxydischer Eisen- und Manganerze. Geologie der Meere und Binnengewässer 1 (1937). — P. DORFF, Biologie des Eisen- und Mangankreislaufes. Verlags-Ges. f. Ackerbau 1935. — W. EINSELE, Physikalisch-chemische Betrachtung einiger Probleme des limnischen Mangan- und Eisenkreislaufs. Verh. internat. Ver. theor. u. angew. Limnol. 5, III (1937) — Über chemische und kolloidchemische Vorgänge in Eisen-Phosphatsystemen unter limonchemischen und limnogeologischen Gesichtspunkten. Arch f. Hydrobiol. 33 (1938). — W. EINSELE u. H. VETTER, Untersuchungen über die Entwicklung der physikalischen und chemischen Verhältnisse in einem mäßig eutrophen See. Internat. Rev. d. Hydrobiol. 36 (1938). — C. JUDAY, E. A. BIRGE, V. W. MELOCHE, Mineral content of the lake waters of northeastern Wisconsin. Trans. Wisc. of Scs., Arts a. Letters 31 (1938). — H. MÜLLER, Beiträge zur Frage der biochemischen Schichtung im Lunzer Ober- und Untersee. Internat. Rev. d. Hydrobiol. 36 (1938). — E. NAUMANN, Einführung in die Bodenkunde der Seen. Sammlg: Die Binnengewässer 9 (Stuttgart 1930). — S. ODÉN, Die Huminsäuren. Kolloidchem.-Beih. 11 (1922). — W. OHLE, Chemische und physikalische Untersuchungen norddeutscher Seen. Arch. f. Hydrobiol. 24 (1934). — Zur Vervollkommnung der hydrochemischen Analyse II. Angew. Chem. 49 (1936) — Kolloidgele als Nährstoffregul. der Gewässer. Naturwiss. 25 (1937). — FRZ. RUTTNER, Hydrographische und hydrochemische Beobachtungen auf Java, Sumatra und Bali. Arch. f. Hydrobiol. Suppl. 8 (1931) — Limnologische Studien an einigen Seen der Ostalpen. Arch. f. Hydrobiol. 32 (1937). — M. STANGENBERG, Eisenverteilung in den Seen des Suwalkigebiets. Extr. des Arch. de Hydr. et Ichthyol. 10 (1936). — R. L. STARKEY u. H. O. HALVORSON, Studies on the transformation of Iron in nature II. Soil. Science 24 (1927). — J. TILLMANNS, Über die Entmanganung von Trinkwasser. J. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung 57 (1914). — S. YOSHIMURA, Contr. to the knowledge of the strat. of iron and mangan. in lakewater of Japan. J. of Geol. a. Geogr. 9, Nr 1/2 (1931). — J. H. L. VOGT, Über Manganwiesenerz und über das Verhältnis zwischen Eisen und Mangan in den See- und Wiesenerzen. Z. prakt. Geol. 14 (1906). — S. WINOGRADSKY, Über Eisenbakterien. Bot. Ztg. 1888 — Eisenbakterien als Anorgooxydanten. Zbl. Bakter. 2. Abt., 57 (1922).

Kurze Originalmitteilung.

Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Die Wirkung des Broms auf den Grundstoffwechsel des erwachsenen Tieres.

In früheren Untersuchungen habe ich nachgewiesen, daß langanhaltende Bromverabreichung bei Hunden und Kaninchen (NaBr 0,15—0,25 g/kg täglich während 100 Tagen) eine Verringerung des Jodgehalts der Schilddrüse bewirkt und daß diese Verringerung um so deutlicher wird, je länger man die Behandlung fortsetzt[1]).

Diese Tatsache setzt eine Verringerung des Tyroxins voraus, das, wie bekannt ist, den größten Teil des Schilddrüsenjods enthält. Darum erschien es wahrscheinlich, daß langanhaltende Bromverabreichung zu einer Hypofunktion der Schilddrüse führt. Die bisher zu diesem Zweck angestellten physiologischen Untersuchungen haben diese Annahme bestätigt. In der Tat, bei wachsenden Tieren (Hunde und Ratten) bewirkt Bromverabreichung u. a. einen deutlichen Wachstumstillstand[2]). In einigen zur Orientierung angestellten Untersuchungen habe ich bei denselben Tieren (Hunde) auch eine Abnahme des Grundstoffwechsels festgestellt. Diese ersten Beobachtungen veranlaßten mich, die Wirkung zu ergründen, die Brom auf den Grundstoffwechsel

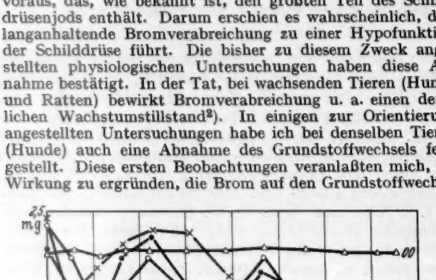

Fig. 1. oo-Normalkontrolle; 1, 2, 3 sind der Brombehandlung unterworfen worden.

des erwachsenen Tieres ausübt, und zwar in Anbetracht der nicht nur theoretischen, sondern auch praktischen Bedeutung, die dieser Tatsache zukommen könnte.

Als Versuchstiere habe ich ausgewachsene weiße Ratten benutzt. Die etwa 180 g wiegenden Tiere wurden bei absoluter Standarddiät gehalten, die in derartigen Quantitäten verabfolgt wurde, daß das Körpergewicht der Tiere ziemlich konstant blieb. Das NaBr wurde täglich in der Dosis von 0,20 g/kg Körpergewicht unter die Haut gespritzt. Während der ganzen Dauer des Versuches wurden die Tiere bei ziemlich konstanter Temperatur gehalten. Die CO_2-Bestimmungen wurden mit Hilfe eines von HAFFNER[3]) empfohlenen Apparates bei 25° und gemäß den von OBERDISSE[4]) angegebenen Einzelheiten durchgeführt.

Aus dem Diagramm der Fig. 1 geht deutlich hervor, daß langanhaltende Bromverabreichungen auch beim erwachsenen Tier eine klare Verringerung der CO_2-Produktion und somit, mit guter Annäherung, auch eine Herabsetzung des Grundstoffwechsels hervorrufen. Beim Tier 6 z. B. beträgt die Herabsetzung sogar mehr als 50%. Es muß hervorgehoben werden, daß dieser Vorgang keinen regelmäßigen Verlauf hat; am Anfang des Experimentes bemerkt man nach einer ziemlich schnellen Abnahme Zunahme bis zur Rückkehr zu normalen Werten. Dieses Verhalten wiederholt sich im allgemeinen noch einmal; bis endlich nur noch ständige Abnahme ohne Zunahme feststellbar ist. Das erfolgt in meinen Versuchen nach 120 Tagen. Um den Mechanismus zu erklären, mit dem diese Erscheinung zustandekommt, bringe ich die Hypothese in Erinnerung, die ich bereits aufgestellt habe, um die Verarmung der Schilddrüse an Jod, wie man sie nach langanhaltender Bromverabreichung beobachtet, zu erklären. Ich hatte es als wahrscheinlich hingestellt, daß das zugeführte Brom, das sich im Blut anhäuft, das Jod verdrängen und substituieren könnte. Dies erscheint durchaus möglich, wenn man bedenkt, daß Brom auch Chlor im Blut ersetzen kann[1]). Wenn nun der Jodgehalt des Blutes geringer wird, wird das zwischen Blutjod und Schilddrüsenjod bestehende Gleichgewicht gestört; die Bedeutung aber, die diesem Gleichgewicht für die Regelung der Schilddrüsensekretion zukommt, ist wohlbekannt. So führt in der Tat die Verminderung der Jodämie dazu, daß die Schilddrüse das das hormonelle Jod enthaltende Kolloid ins Blut abgibt, und da infolge der vom Brom ausgeübten Wirkung die tägliche Jodzufuhr von seiten des Blutes fehlt, kann sich das hormonale Jod nicht nachbilden. So würde die Schilddrüse allmählich an ihrem fundamentalen Halogen verarmen. Diese Tatsache ist bereits dann beobachtet worden, wenn durch qualitative Unzulänglichkeit der Nahrung die Jodzufuhr gering ist. Die Anstiege des Grundstoffwechsels, wie man sie in den ersten Perioden der Brombehandlung feststellen kann, fallen wahrscheinlich mit der auf die indirekte Bromwirkung folgenden Kolloidausschüttung ins Blut zusammen. Diese hormonalen Ausschüttungen können sich natürlich nur in einer beschränkten Anzahl wiederholen, und das erklärt, warum von einem gewissen Zeitpunkt an der Grundstoffwechsel kontinuierlich abnimmt.

Brom hat also auch beim erwachsenen Individuum eine deutliche Wirkung auf den Grundstoffwechsel, im Sinne einer Verminderung desselben. Es ist verständlich, daß dieser Tatsache nicht nur theoretische, sondern auch praktische Bedeutung zukommen kann.

Bologna (Italien), Institut für menschliche Physiologie der Kgl. Universität, im Juni 1938. GIOVANNI MORUZZI.

[1]) GIOV. MORUZZI, Naturwiss. **26**, 788 (1938) — Arch. di Fisiol. **39**, 249 (1939).

[2]) GIOV. MORUZZI, G. BORGATTI, Naturwiss. **26**, 443 (1938).

[3]) CHR. BOMSKOV, Methodik der Hormonforschung **1**, 227 (1937).

[4]) OBERDISSE, Naunyn-Schmiedebergs Arch. **153** (1931).

Besprechungen.

RÜCHARDT, EDUARD, **Sichtbares und unsichtbares Licht.** (Verständliche Wissenschaft, Bd. 35.) Berlin: Julius Springer 1938. VII, 175 S. und 135 Abbild. 11 cm × 18 cm. Preis geb. RM 4.80.

Der Verfasser des Bandes ist den Lesern dieser Zeitschrift nicht unbekannt. Gar mancher wird sich mit Vergnügen seines Aufsatzes „Eine Entdeckung von Goethes Kammerdiener Stadelmann", Heft 23, 1936, entsinnen. Dieser Aufsatz zeigte auch dem Fernerstehenden das, was die Fachgenossen schon seit langer Zeit an diesem Autor zu schätzen wußten: Einen weit über das physikalische Fachgebiet hinausgehenden Interessenkreis, große Belesenheit und eine nicht alltägliche Kunst der Darstellung. Alle diese Vorzüge findet man auch in dem vorliegenden kleinen Werk vereinigt. Der Berichterstatter hat das Buch seinerzeit nach seinem Erscheinen 1938 in einem Zuge durchgelesen und sofort seine Eindrücke niedergeschrieben, dann aber durch ein Versehen versäumt, die Besprechung an die Schriftleitung zu senden, so daß nur er allein die Verantwortung für das späte Erscheinen dieser Besprechung trägt.

GOETHE beklagt sich in seiner Farbenlehre oft bitter über das ständige Einerlei in der Darstellung der NEWTONschen Versuche. Die gleiche Klage möchte man auch angesichts manches neueren Physikbuches anstimmen, wenn man beim Blättern auf das ewige Einerlei einer veralteten geometrischen Optik stößt. Bei RÜCHARDT hingegen trägt nur ein kleines Kapitel, nämlich das zweite, die Überschrift: „Die Lichtstrah-

len, eine nützliche Fiktion." Im übrigen steht die Wellendarstellung durchaus im Vordergrund, erläutert mit einer einwandfreien Auswahl anschaulicher Figuren und belebt mit vielen historischen Bemerkungen und geschickt ausgewählten Hinweisen auf praktische Anwendungen. Als Beispiel sei verwiesen auf die Bedeutung der Lichtstreuung im Schwammparenchym der Blätter und auf den photographischen Nachweis der Erdkrümmung mit einer Ultrarotphotographie. Vor allem seien Leser, die selbst als Lehrende Optik vorzutragen haben, auf dies Buch aufmerksam gemacht. Jeder einzelne wird manches lernen, was zur Vertiefung und Belebung der Darstellung beitragen kann.

Der Berichterstatter hat das Buch mit besonderer Freude gelesen und wünscht ihm die weiteste Verbreitung. R. W. Pohl, Göttingen.

TRENDELENBURG, FERDINAND, **Einführung in die Akustik.** Berlin: Julius Springer 1939. VI, 277 S. und 215 Abbild. 16 cm × 24 cm. Preis brosch. RM 22.50, geb. RM 24.60.

Es ist eine ebenso schwierige wie dankenswerte Aufgabe, der sich der Verfasser unterzogen hat: Der Leser soll in die allgemeinen physikalischen Grundgesetze der Schallvorgänge eingeführt, aber auch mit Aufbau und Wirkungsweise moderner akustischer Apparate und mit den Hilfsmitteln der heutigen akustischen Meßtechnik bekannt gemacht werden. Dieser zwiespältigen Aufgabe wird das vorliegende Buch trotz des verhältnismäßig geringen Umfanges vollkommen gerecht. Dazu trägt vor allem die sehr geschickte Auswahl und Aufteilung des Stoffes bei: Hier ist nicht die Rede von physikalischer, physiologischer, musikalischer und technischer Akustik, sondern man gewinnt den erfreulichen Eindruck, daß es im Grunde nur *eine* Akustik gibt. Der Inhalt ist in folgende Kapitel eingeteilt: I. Grundlegende Fragen der Schwingungslehre und der Wellenlehre, II. Schallfeldgrößen und ihre Messung, III. Schallerzeugung, IV. Schallausbreitung, V. Schallempfang und Schallaufzeichnung, VI. Schallanalyse; physikalische Eigenschaften natürlicher Schallvorgänge. In zwangloser, doch im allgemeinen klarer Form werden überall die theoretischen Grundlagen erörtert. Dabei wird durch zahlreiche Abbildungen und durch eingestreute Hinweise auf technische Anwendungen eine knappe und doch überaus anschauliche Darstellung erreicht. Unter „Schallerzeugung" werden vor allem die Musikinstrumente, die menschliche Stimme und die elektrischen Schallsender behandelt, im Kapitel „Schallausbreitung" außer den Grundtatsachen der Reflexion, Beugung, Brechung und Absorption auch die Vorgänge in akustischen Leitungen und Sonderfragen der Raum- und Bauakustik. Der Abschnitt über „Schallempfang und Schallaufzeichnung" erläutert die Eigenschaften des Ohres und die Wirkungsweise von Mikrophon, Schallplatte und Tonfilm. Im letzten Kapitel erfährt schließlich der Leser, was wir heute von der Natur der Klangerscheinungen wissen, an deren Erforschung der Verfasser selbst ja in hervorragender Weise beteiligt ist und denen er sein früher erschienenes Buch „Klänge und Geräusche" gewidmet hat. Durch eine besonders reichliche Wiedergabe von Meßergebnissen in der Form von Klangspektren und Oszillogrammen wird das Verständnis für die Fragen der Klanganalyse erleichtert. Sehr zu begrüßen ist auch der Anhang, der eine Übersicht über die heute gebräuchlichen Benennungen in der Akustik und eine Zusammenstellung der praktisch wichtigen Formeln enthält. Auf Grund der gesamten Anlage ist das Buch dem Studierenden, der sich in das Gebiet der Akustik einarbeiten will, sowie jedem Ingenieur und Wissenschaftler, der sich über Fragen des Schalls unterrichten will, wärmstens zu empfehlen.

Einige Schönheitsfehler müssen vermerkt werden: Bei einer Anzahl von Abbildungen (z. B. Abb. 14, 96, 156) sind die angegebenen Buchstaben im Text nicht alle erklärt, wodurch die Klarheit der Ausführungen beeinträchtigt wird. In 2 Fällen (Abb. 15 und 145) sind auch sonst Bild und Text nicht aufeinander abgestimmt. Und dann wäre die Beseitigung einiger Druckfehler zu wünschen: Auf S. 35 muß es „elektrischen" anstatt „elastischen" heißen, auf S. 111 „Partialtöne" anstatt „Pachialtorie", in den Schallgeschwindigkeitstabellen auf S. 133 ff. „m/sec" anstatt „cm/sec" und auf S. 177 „Schwellenenergie" anstatt „Schallenergie". K. Schuster, Breslau.

MITTASCH, ALWIN, **Kurze Geschichte der Katalyse in Praxis und Theorie.** Berlin: Julius Springer 1939. VIII, 139 S. 14 cm × 22 cm. Preis brosch. RM 6.60.

Mittaschs über rund 4 Jahrzehnte sich erstreckendes Schaffen, beginnend mit seiner ersten Untersuchung im Ostwaldschen katalytisch ausgerichteten Arbeitskreis, fortgeführt mit den empirisch eingeleiteten, umfassenden Untersuchungen über den geeigneten Ammoniakkatalysator, die in gleicher Weise zu technisch wie auch wissenschaftlich grundlegenden Ergebnissen führen sollten, bis zu seinem vor kurzem vorgelegten Werk über die Geschichte der Katalyse in Praxis und Theorie, ist von seltener innerer Geschlossenheit, ja Harmonie. Man ist versucht zu sagen, daß in seinem eigenen vielfältigen geistigen und experimentellgegenständlichen Schaffen gleichsam sämtliche Phasen der Entwicklung der Katalyse noch einmal Gestalt gewonnen haben. Seine kurze Geschichte der Katalyse zieht reichen Gewinn aus dem jahrzehntelangen Arbeiten des Forschers, sie ist erwachsen auf den nach Allgemeingültigkeit strebenden Deduktionen des tiefgründigen Denkers, dessen bisherige Ergebnisse nun bereits in einer stattlichen Buchreihe niedergelegt sind.

Mittasch spannt die Zeitabfolge seiner Darstellung von den Anfängen der Katalyse bis etwa in das erste Jahrzehnt unseres Jahrhunderts. Es ist geradezu spannend, zu verfolgen, wie nach jenem ersten Erkennen in den späteren alchemistischen Jahrhunderten, wonach kleine Ursachen stofflich große Folgen nach sich ziehen können, und nach jenem mehr oder weniger unbewußt-bewußten Suchen nach dem Alkasi (Elixier), dem Stein der Weisen, der Tinctura, der Quinta Essentia, dem Magisterium, dann in den vom 18. zum 19. Jahrhundert hinüberführenden Jahrzehnten, in denen C. Fr. Wenzel und J. B. Richter das chemische Geschehen als an stöchiometrische Verhältnisse gebunden erkennen, sich das Gebiet der Katalyse abzuzeichnen beginnt. Diese durch die Einführung der Waage gekennzeichneten Jahrzehnte müssen zu jenem Aufmerken gegenüber den mit den stöchiometrischen Forderungen nicht verträglichen Umsetzungen führen, woraus die Beschäftigung mit ihnen und das Aufsuchen weiterer ähnlicher Erscheinungen erwuchsen: 1781 beobachtet Parmentier die Bildung von Zucker beim Kochen von Kartoffelstärke mit Weinsteinsäure und Essigsäure, 1782 findet Scheele, daß sich organische Säuren mit Alkohol in Gegenwart von wenig mineralischen Säuren verestern lassen, 1783 leitet Priestley Alkoholdämpfe durch ein erhitztes Pfeifentonrohr und dehydratisiert damit Alkohol zu Äthylen — um nur einige Marksteine des ersten Weges zu nennen. 1795 gelingt Deimann ein entscheidender Schritt; wohl zum ersten Male werden die Versuchsbedingungen im Hinblick

auf eine bestimmte Reaktion mannigfach abgewandelt: Glasrohr anstatt Pfeifenton, statt gebranntem Ton seine chemischen Bestandteile usw. Diese und eine stattliche Anzahl weiterer Arbeiten münden in die entscheidenden Untersuchungen von DAVY (ab 1816), THÉNARD (1818—1819) und DÖBEREINER (insbesondere 1823), der durch die Entdeckung der Entflammbarkeit von Wasserstoff nach dessen Zusammentreten mit Luft über Platinschwamm der chemischen Forschung seiner Zeit einen entscheidenden Impuls erteilte. SCHWEIGGER u. a. drängen nun zur Sammlung der nicht dem normalen chemischen Geschehen zugehörigen Umsetzungen. „Wesentlich für das Resultat seiner Überlegungen mußte der Umstand werden, wieweit DÖBEREINER imstande war, die Ähnlichkeit gleichartiger Fälle zu erkennen oder gewissermaßen gefühlsmäßig aufzuspüren, also das Gleichbleibende im Wechsel zu erfassen." Es ringt sich langsam der Begriff der Katalyse frei, dessen Merkmal, die Beschleunigung, wohl erstmalig 1808 in DÖBEREINERS Arbeit über die Verzuckerung der Stärke auftaucht, derzufolge dieser Vorgang auch ohne den Fremdstoff, wenngleich auch langsamer, stattfinden könne. In den Arbeiten von BELLANI (1824) und FUSINIERI (1824—1826) treten uns, wenn auch vorerst kaum beachtet, die Bedeutung von Absorption und Adsorption sowie die Beziehung reaktionsfähiger Gase zu festen Metalloberflächen entgegen. Durch MITSCHERLICHS exakte Untersuchungen wird erstmalig der Begriff des Kontaktes herausgestellt, dem jedoch BERZELIUS die Eindeutigkeit und Prägnanz abspricht. Er selbst gibt dann 1835 die entscheidende Formulierung und gleichzeitig den Namen für diese ganze Klasse von Erscheinungen: er gelangt zum Begriff der Katalyse und deren Verursachung durch Katalysatoren. Das nun folgende Jahrhundert hat — man möchte fast sagen: autokatalytisch — jenes Teilgebiet zu einem beherrschenden Bestandteil der gesamten Chemie gemacht, so daß sich in der Geschichte der Katalyse „die Entwicklung der ganzen Chemie in diesem Zeitraum wiederspiegelt". — Auf das Kapitel über die Anfänge homogener und heterogener, rein chemischer und enzymatischer Katalyse und das über die praktische und theoretische Beschäftigung mit katalytischen Reaktionen in den ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts folgt bei MITTASCH das über die Weiterentwicklung der experimentellen und der theoretischen Katalyse bis zu HORSTMANN (1885), der „zum ersten Male die Theorie der Katalyse einfügt und einordnet in das Gebäude der physikalischen Chemie", d. h. bis zu einer Zeit, in der die Technik in der Katalyse bereits ein entscheidendes Instrument zur Lösung ihrer Aufgaben erkannt hatte. In seinem letzten, groß angelegten Kapitel behandelt MITTASCH das Zeitalter quantitativer Katalyseforschung, gekennzeichnet durch das Werk OSTWALDS, der den Begriff der Katalyse wieder in den Mittelpunkt des wissenschaftlichen Interesses stellt, seiner Schule und der im wesentlichen daraus erwachsenen Forschergeneration. Es ist typisch für MITTASCH, daß er in kühnen Strichen aus der Gegenwart in die zukünftigen Aufgabenkreise der Katalyse hineinzuweisen versucht. Es ist kaum möglich, andeutungsweise ein Bild zu geben von der Fülle des Materials, das MITTASCH auf 116 Seiten Text, zu denen 18 Seiten Anmerkungen und 5 Seiten Register kommen, gemeistert hat. Nicht nur Bereicherung unseres eigenen Wissens bringt das Studium dieses Werkes, durch die Fülle seiner Gedanken wirkt es zugleich ungemein anregend. Wir müssen dem Meister der katalytischen Forschung an der Schwelle zu seinem achten Lebensjahrzehnt Dank wissen für deren Geschichte, die bereits bei ihrem Erscheinen als klassisch bezeichnet werden darf. ERICH PIETSCH, Berlin.

KÉLER, S., **Baustoffe zu einer Monographie der Mallophagen.** II. Teil: Überfamilie der Nirmoidea (1). (Nova Acta Leopoldina. Abhandlungen der Kaiserlich Leopoldinisch-Carolinisch Deutschen Akademie der Naturforscher. Hrsg. und redigiert von EMIL ABDERHALDEN. Neue Folge, Bd. 8, Nr. 51.) Halle a. d. Saale: Deutsche Akademie der Naturforscher 1939. 254 S., 114 Abbild. und 4 Tafeln. 19 cm × 25 cm. Preis brosch. RM 25.—.

Der Verfasser, derzeit einer der besten Mallophagenkenner der Welt, bringt in dem vorliegenden 2. Beitrag zu einer Monographie der Mallophagen eine Übersicht über die bekannten Arten der Familien Trichophilopteridae, Goniodidae und Heptapsogastridae aus der Überfamilie der Nirmoidea Kéler 1938 (Federlinge). Er beginnt mit allgemeinen Ausführungen über die Gruppe und über die angewandten Prinzipien, wobei von besonderer Wichtigkeit seine nomenklatorischen Prinzipien sind: Als gültig betrachtet KÉLER nämlich nur jene Namen, welche einen sicheren und fixierten Inhalt haben *und* sich durch langjährigen Gebrauch in der Literatur die *historische Priorität* erworben haben. So gesund dieses Prinzip wäre, wenn es allgemeine Anwendung fände, so sehr man wünschen möchte, daß es an Stelle der als unbrauchbar erkannten bisherigen Nomenklaturregeln träte, so sehr ist es geeignet, neue Verwirrung hervorzurufen, wenn es von einem einzelnen ohne allgemeine Anerkennung eingeführt wird, denn kaum ein Systematiker wird sich verpflichtet fühlen, dem Autor zu folgen, solange er nicht eine allgemein anerkannte Regel hinter sich weiß. Dies ist das Bedenken, das man der sonst so verdienstvollen Arbeit entgegenhalten muß, in der auf sehr wertvolle Ausführungen über die Morphologie des Hautskeletts der Goniodiden, die weit über das hinausgehen, was man sonst in rein taxinomischen Arbeiten zu finden pflegt, die Beschreibung der Goniodiden und Heptapsogastriden des Zool. Museums der Universität Halle folgt. Übersichtliche Textbilder und einige Tafelbilder, die an Hand von Mikrophotogrammen den Habitus wiedergeben, ergänzen aufs beste den Text, den Schluß macht eine Bestimmungstabelle aller bisher bekannt gewordenen Arten und Gattungen der drei behandelten Familien, ein alphabetisches Namensverzeichnis und ein Verzeichnis der bisher bekannt gewordenen Wirtstierarten der 3 Familien. Diese Verzeichnisse erhöhen die praktische Brauchbarkeit der Arbeit erheblich, die für jeden Mallophagenforscher und überhaupt für den Parasitologen von großem Wert ist. H. WEBER, Wien.

WEINERT, HANS, **Vormenschenfunde als Zeugen der Menschwerdung.** Frankfurt a. M.: Societäts-Verlag 1939. 118 S. und 32 Abbild. 11 cm × 18 cm. Preis geb. RM 2.80.

In jüngster Zeit haben unsere Kenntnisse über den fossilen Menschen eine bedeutende Vertiefung durch eine große Anzahl wesentlicher Neufunde erfahren (China: Sinanthropus, Java: Pithecanthropus, Ostafrika: Africanthropus, Südafrika: Die Australopitheciden, Europa: Steinheim). Alle diese Funde werden in dem vorliegenden kleinen Buch eingehend und allgemeinverständlich behandelt und in den phylogenetischen Zusammenhang gestellt. Hierbei hätte man gern gesehen, wenn auch andere Autoren ihrer Bedeutung entsprechend zu Worte gekommen wären. Die Schrift ist zur allgemeinen Orientierung für den Außenstehenden zu empfehlen. GERHARD HEBERER, Jena.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: FRITZ SÜPFERT, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.